



Kooperation  
international

BEAUFTRAGT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

2. Bericht (2020)

# Monitoring des Asiatisch-Pazifischen Forschungsraums (APRA)



# Inhaltsverzeichnis

Einleitung	13
Querschnittskapitel	15
Querschnittskapitel 1: Zukunftstechnologien in Asien	15
Schwerpunkt Bioökonomie/erneuerbare Energietechnologien .....	15
Relevanz der APRA-Länder in zentralen Schlüsseltechnologien.....	15
Wissenschaftliche Aktivitäten .....	15
Technologische Aktivitäten .....	16
Relevanz zentraler Schlüsseltechnologien für die APRA-Länder .....	17
Wissenschaftliche Aktivitäten .....	17
Technologische Aktivitäten .....	18
Studierendenmobilität in thematischen Schlüsselbereichen.....	19
<b>Schwerpunkt: Bioökonomie</b> .....	22
Forschungs- und innovationspolitische Schwerpunkte ausgewählter APRA-Länder im Bereich Bioökonomie .....	24
China .....	24
Japan.....	33
Indien .....	37
Südkorea .....	41
<b>Schwerpunkt: erneuerbare Energietechnologien</b> .....	43
Forschungs- und innovationspolitische Schwerpunkte ausgewählter APRA-Länder im Bereich erneuerbare Energietechnologien .....	45
China .....	45
Indien .....	57
Japan .....	50
Südkorea .....	60
<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerungen (Zukunftstechnologien in Asien)</b> .....	62
Übergreifende Erkenntnisse .....	62
Themenspezifische Erkenntnisse:	
Bioökonomie .....	62
Themenspezifische Erkenntnisse: erneuerbare Energietechnologien .....	63
Schlussfolgerungen für Politik und Wissenschaft .....	63

<b>Querschnittskapitel 2: Europäische FuE-Kooperationen mit China</b>	<b>65</b>
<hr/>	
Aktuell bestehende Kooperationen .....	65
Wissenschaftliche Kooperation .....	65
Technologische Kooperation .....	66
Kooperationspotenziale .....	69
Wissenschaftliche Potenziale .....	69
Technologische Potenziale .....	69
Studierendenmobilität .....	73
Chinesische Studierende im Ausland .....	73
Internationale Studierende in China .....	73
Europäische und nationale Strategien zur Kooperation mit China .....	77
Beziehungen EU-China in Wissenschaft, Technologie und Innovation .....	77
Nationale Strategien zur Kooperation mit China .....	78
Großbritannien .....	79
Frankreich .....	83
Dänemark .....	86
<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerungen (Kooperation EU-China)</b> .....	<b>90</b>
Übergreifende Erkenntnisse .....	90
Länderspezifische Erkenntnisse .....	91
Schlussfolgerungen für Politik und Wissenschaft .....	91
<b>Themenkapitel</b>	<b>93</b>
<hr/>	
<b>Themenkapitel 1: Lebenswissenschaften</b> .....	<b>93</b>
Teilbereich: Medizinische Biotechnologie .....	98
Teilbereich: Biomaterialien .....	103
Akademische Kooperation im Bereich Lebenswissenschaften .....	108
Forschungs- und innovationspolitische Schwerpunkte ausgewählter APRA-Länder im Bereich Lebenswissenschaften .....	109
China .....	109
Indien .....	110
Japan .....	111
Südkorea .....	113

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen (Lebenswissenschaften) .....	114
Übergreifende Erkenntnisse .....	114
Länderspezifische Erkenntnisse .....	114
Schlussfolgerungen für Politik und Wissenschaft .....	115
<b>Themenkapitel 2: Materialwissenschaften .....</b>	<b>117</b>
Teilbereich: Materialtechnologien für Batterien .....	122
Akademische Kooperation im Bereich Materialwissenschaften .....	127
Forschungs- und innovationspolitische Schwerpunkte ausgewählter APRA-Länder im Bereich Materialwissenschaften .....	127
China .....	127
Indien .....	128
Japan .....	129
Südkorea .....	130
Zusammenfassung und Schlussfolgerungen (Materialwissenschaften) .....	131
Übergreifende Erkenntnisse .....	131
Länderspezifische Erkenntnisse .....	132
Schlussfolgerungen für Politik und Wissenschaft .....	132
<b>Themenkapitel 3: Education Hubs .....</b>	<b>134</b>
Education Hubs im APRA-Raum .....	136
Malaysia .....	136
Südkorea .....	139
Singapur .....	142
Zusammenfassung und Schlussfolgerungen (Education Hubs) .....	146
Übergreifende Erkenntnisse .....	146
Länderspezifische Erkenntnisse .....	146
Schlussfolgerungen für Politik und Wissenschaft .....	146

---

**Anhang** **147**

---

**Datenblätter der Länder** **183**

Datenblätter .....	183
ASEAN .....	188
Australien .....	190
China .....	192
Deutschland .....	194
Frankreich .....	196
Großbritannien .....	198
Indien .....	200
Indonesien .....	202
Japan .....	204
Kanada .....	206
Malaysia .....	208
Neuseeland .....	210
Philippinen .....	212
Singapur .....	214
Südkorea .....	216
Taiwan .....	218
Thailand .....	220
USA .....	222
Vietnam .....	224

---

**Impressum** **226**

# Abbildungen

<b>Abbildung 1:</b> Publikationen, relevant für Bioökonomie (Scopus) .....	23
<b>Abbildung 2:</b> Patentanmeldungen Bioökonomie (transnational) .....	23
<b>Abbildung 3:</b> Chinas Strategien und Pläne für die Bioökonomie/Bioindustrie .....	25
<b>Abbildung 4:</b> Investitionen der südkoreanischen Regierung in die Biotechnologie 2010–17 (in Euro) .....	42
<b>Abbildung 5:</b> Publikationen, relevant für Erneuerbare Energietechnologien (Scopus) .....	44
<b>Abbildung 6:</b> Patentanmeldungen, Erneuerbare Energietechnologien, (transnational) .....	44
<b>Abbildung 7:</b> Struktur der staatlichen Pläne für neue Energietechnologien .....	46
<b>Abbildung 8:</b> Akademische Kooperationen Chinas mit relevanten Weltregionen .....	67
<b>Abbildung 9:</b> Akademische Kooperationen Chinas mit relevanten Weltregionen (Anteil entsprechender Ko-Publikationen an allen Publikationen) .....	67
<b>Abbildung 10:</b> Akademische Kooperationen Chinas mit relevanten EU-Mitgliedsstaaten (Top-12, 2018) .....	67
<b>Abbildung 11:</b> Akademische Kooperationen Chinas mit relevanten EU-Mitgliedsstaaten (Top-12, 2018) (Anteil entsprechender Ko-Publikationen an allen Publikationen) .....	67
<b>Abbildung 12:</b> Technologische Kooperationen Chinas mit relevanten Weltregionen .....	68
<b>Abbildung 13:</b> Technologische Kooperation Chinas mit relevanten Weltregionen (Anteil entsprechender Ko-Patente an allen Patenten) .....	68
<b>Abbildung 14:</b> Technologische Kooperation Chinas mit relevanten EU-Mitgliedsstaaten (Top-12, 2018) .....	68
<b>Abbildung 15:</b> Technologische Kooperation Chinas mit relevanten EU-Mitgliedsstaaten (Anteil entsprechender Ko-Patente an allen Patenten) (Top-12, 2018) .....	68
<b>Abbildung 16:</b> Wissenschaftliches Spezialisierungsprofil Chinas im Vergleich zu Europa bzw. Deutschland 2018 (RLA) .....	70
<b>Abbildung 17:</b> Absolute Publikationszahlen Chinas im Vergleich zur EU, Großbritannien und Deutschland 2018 .....	71
<b>Abbildung 18:</b> Technologisches Spezialisierungsprofil Chinas im Vergleich zu Europa bzw. Deutschland 2017 (RPA) .....	72
<b>Abbildung 19:</b> Absolute Zahl der Patentanmeldungen Chinas im Vergleich zur EU, Großbritannien und Deutschland 2017 .....	73
<b>Abbildung 20:</b> Publikationen (Scopus) im Bereich Lebenswissenschaften .....	95
<b>Abbildung 21:</b> Patentanmeldungen (transnational) im Bereich Lebenswissenschaften .....	95
<b>Abbildung 22:</b> Publikationen pro Mio. Einwohner (Scopus), 2018 im Bereich Lebenswissenschaften 2018 .....	96
<b>Abbildung 23:</b> Anteil internationaler Ko-Publikationen (Scopus), 2018 im Bereich Lebenswissenschaften 2018 .....	96
<b>Abbildung 24:</b> Mittlere Zittrate von Publikationen (Scopus), Mittel 2014–18 im Bereich Lebenswissenschaften .....	96
<b>Abbildung 25:</b> Entwicklung der mittleren Zittrate 2005–16 im Bereich Lebenswissenschaften .....	96
<b>Abbildung 26:</b> Patentanmeldungen pro Mio. Einwohner (transnat), Summe 2015–17 im Bereich Lebenswissenschaften .....	97
<b>Abbildung 27:</b> Anteil int. Ko-Patentanmeldungen (transnat), Mittel 2015–17 im Bereich Lebenswissenschaften .....	97
<b>Abbildung 28:</b> Publikationen (Scopus) im Bereich medizinischer Biotechnologie .....	100
<b>Abbildung 29:</b> Patentanmeldungen (transnational) im Bereich medizinischer Biotechnologie .....	100
<b>Abbildung 30:</b> Publikationen pro Millionen Einwohner (Scopus), 2018 im Bereich med. Biotechnologie .....	101
<b>Abbildung 31:</b> Anteil internationaler Ko-Publikationen (Scopus), 2018 im Bereich med. Biotechnologie .....	101
<b>Abbildung 32:</b> Mittlere Zittrate von Publikationen (Scopus), Mittel 2014–18 im Bereich med. Biotechnologie .....	101
<b>Abbildung 33:</b> Entwicklung der mittleren Zittrate (Scopus) 2005–16 im Bereich med. Biotechnologie .....	101
<b>Abbildung 34:</b> Patentanmeldungen pro Mio. Einwohner (transnat), Summe 2015–17 im Bereich med. Biotechnologie .....	102
<b>Abbildung 35:</b> Anteil int. Ko-Patentanmeldungen (transnat), Mittel 2015–17 im Bereich med. Biotechnologie .....	102
<b>Abbildung 36:</b> Publikationen (Scopus) im Bereich Biomaterialien .....	105
<b>Abbildung 37:</b> Patentanmeldungen (transnational) im Bereich Biomaterialien .....	105
<b>Abbildung 38:</b> Publikationen pro Mio. Einwohner (Scopus), 2018 im Bereich Biomaterialien .....	106
<b>Abbildung 39:</b> Anteil internationaler Ko-Publikationen (Scopus), 2018 im Bereich Biomaterialien .....	106

<b>Abbildung 40:</b> Mittlere Zittrate von Publikationen (Scopus), Mittel 2014–18 im Bereich Biomaterialien .....	106
<b>Abbildung 41:</b> Entwicklung mittlere Zittrate 2005–16 im Bereich Biomaterialien in ausgewählten Ländern .....	106
<b>Abbildung 42:</b> Patentanmeldungen pro Mio. Einwohner (transnat), Summe 2015–17 im Bereich Biomaterialien .....	107
<b>Abbildung 43:</b> Anteil int. Ko-Patentanmeldungen (transnat), Mittel 2015–17 im Bereich Biomaterialien .....	107
<b>Abbildung 44:</b> Publikationen (Scopus) im Bereich Materialwissenschaften .....	119
<b>Abbildung 45:</b> Patentanmeldungen (transnational) im Bereich Materialwissenschaften .....	119
<b>Abbildung 46:</b> Publikationen pro Mio. Einwohner (Scopus), 2018 im Bereich Materialwissenschaften .....	120
<b>Abbildung 47:</b> Anteil internationaler Ko-Publikationen (Scopus), 2018 im Bereich Materialwissenschaften .....	120
<b>Abbildung 48:</b> Mittlere Zittrate von Publikationen (Scopus), Mittel 2014–18 im Bereich Materialwissenschaften .....	120
<b>Abbildung 49:</b> Entwicklung mittlere Zittrate (Scopus), 2005–16 im Bereich Materialwissenschaften .....	120
<b>Abbildung 50:</b> Patentanmeldungen pro Mio. Einwohner (trans-nat.), Summe 2015–17 im Bereich Materialwissenschaften .....	121
<b>Abbildung 51:</b> Anteil int. Ko-Patentanmeldungen (transnat.), Mittel 2015–17 im Bereich Materialwissenschaften .....	121
<b>Abbildung 52:</b> Publikationen (Scopus) im Bereich „Materialien für Batterien“ .....	124
<b>Abbildung 53:</b> Patentanmeldungen (transnational) im Bereich „Materialien für Batterien“ .....	124
<b>Abbildung 54:</b> Publikationen pro Mio. Einwohner (Scopus), 2018 im Bereich „Materialien für Batterien“ .....	125
<b>Abbildung 55:</b> Anteil internationaler Ko-Publikationen (Scopus), 2018 im Bereich „Materialien für Batterien“ .....	125
<b>Abbildung 56:</b> Mittlere Zittrate von Publikationen (Scopus), Mittel 2014–18 im Bereich „Materialien für Batterien“ .....	125
<b>Abbildung 57:</b> Entwicklung der mittleren Zittrate (Scopus) 2005–16 im Bereich „Materialien für Batterien“ .....	125
<b>Abbildung 58:</b> Patentanmeldungen pro Mio. Einwohner (transnational), 2015–17 im Bereich „Materialien für Batterien“ .....	126
<b>Abbildung 59:</b> Anteil internationaler Ko-Patentanmeldungen (transnational), 2015–17 im Bereich „Materialien für Batterien“ .....	126
<b>Abbildung A1:</b> Publikationen KETS – industrielle Biotechnologie, Summe 2016–18 .....	149
<b>Abbildung A2:</b> Publikationen KETS – Nanotechnologie, Summe 2016–18 .....	149
<b>Abbildung A3:</b> Publikationen KETS – Mikro- und Nanoelektronik, Summe 2016–18 .....	150
<b>Abbildung A4:</b> Publikationen KETS – Photonik, Summe 2016–18 .....	150
<b>Abbildung A5:</b> Publikationen KETS – neuartige Werkstoffe, Summe 2016–18 .....	151
<b>Abbildung A6:</b> Publikationen KETS – neuartige Fertigungstechnologien, Summe 2016–18 .....	151
<b>Abbildung A7:</b> Publikationen Bioökonomie, Summe 2016–18 .....	152
<b>Abbildung A8:</b> Publikationen erneuerbare Energien, Summe 2016–18 .....	152
<b>Abbildung A9:</b> Publikationen Lebenswissenschaften, Summe 2016–18 .....	153
<b>Abbildung A10:</b> Publikationen medizinische Biotechnologie, Summe 2016–18 .....	153
<b>Abbildung A11:</b> Publikationen Biomaterialien, Summe 2016–18 .....	154
<b>Abbildung A12:</b> Publikationen Materialwissenschaften, Summe 2016–18 .....	154
<b>Abbildung A13:</b> Publikationen Batterietechnologien, Summe 2016–18 .....	155
<b>Abbildung A14:</b> Patentanmeldungen KETS – industrielle Biotechnologie, Summe 2015–17 .....	155
<b>Abbildung A15:</b> Patentanmeldungen KETS – Nanotechnologie, Summe 2015–17 .....	156
<b>Abbildung A16:</b> Patentanmeldungen KETS – Mikro- u Nanoelektronik, Summe 2015–17 .....	156
<b>Abbildung A17:</b> Patentanmeldungen KETS – Photonik, Summe 2015–17 .....	157
<b>Abbildung A18:</b> Patentanmeldungen KETS – neuartige Werkstoffe, Summe 2015–17 .....	157
<b>Abbildung A19:</b> Patentanmeldungen KETS – neuartige Fertigungstechnologien, Summe 2015–17 .....	158
<b>Abbildung A20:</b> Patentanmeldungen Bioökonomie, Summe 2015–17 .....	158
<b>Abbildung A21:</b> Patentanmeldungen erneuerbare Energietechnologien, Summe 2015–17 .....	159
<b>Abbildung A22:</b> Patentanmeldungen Lebenswissenschaften, Summe 2015–17 .....	159

# Abbildungen

<b>Abbildung A23:</b> Patentanmeldungen medizinische Biotechnologie, Summe 2015–17 .....	160
<b>Abbildung A24:</b> Patentanmeldungen Biomaterialien, Summe 2015–17 .....	160
<b>Abbildung A25:</b> Patentanmeldungen Materialwissenschaften, Summe 2015–17 .....	161
<b>Abbildung A26:</b> Patentanmeldungen Batterietechnologien, Summe 2015–17 .....	161
<b>Abbildung A27 (a):</b> Wissenschaftliches Spezialisierungsprofil Chinas im Vergleich zu Frankreich und Großbritannien (RLA) .....	162
<b>Abbildung A27 (b):</b> Wissenschaftliches Spezialisierungsprofil Chinas im Vergleich zu Dänemark (RLA) .....	163
<b>Abbildung A28 (a):</b> Technologisches Spezialisierungsprofil Chinas im Vergleich zu Frankreich und Großbritannien (RPA) .....	164
<b>Abbildung A28 (b):</b> Technologisches Spezialisierungsprofil Chinas im Vergleich zu Dänemark (RPA) .....	165
<b>Abbildung A29:</b> Ko-Publikationen Lebenswissenschaften mit China (Scopus) .....	166
<b>Abbildung A30:</b> Ko-Publikationen Lebenswissenschaften mit Japan (Scopus) .....	166
<b>Abbildung A31:</b> Ko-Publikationen Lebenswissenschaften mit Korea (Scopus) .....	167
<b>Abbildung A32:</b> Ko-Publikationen Lebenswissenschaften mit Indien (Scopus) .....	167
<b>Abbildung A33:</b> Ko-Publikationen medizinische Biotechnologie mit China (Scopus) .....	168
<b>Abbildung A34:</b> Ko-Publikationen medizinische Biotechnologie mit Japan (Scopus) .....	168
<b>Abbildung A35:</b> Ko-Publikationen medizinische Biotechnologie mit Korea (Scopus) .....	169
<b>Abbildung A36:</b> Ko-Publikationen medizinische Biotechnologie mit Indien (Scopus) .....	169
<b>Abbildung A37:</b> Ko-Publikationen Biomaterialien mit China (Scopus) .....	170
<b>Abbildung A38:</b> Ko-Publikationen Biomaterialien mit Japan (Scopus) .....	170
<b>Abbildung A39:</b> Ko-Publikationen Biomaterialien mit Korea (Scopus) .....	171
<b>Abbildung A40:</b> Ko-Publikationen Biomaterialien mit Indien (Scopus) .....	171
<b>Abbildung A41:</b> Ko-Publikationen Materialwissenschaften mit China (Scopus) .....	172
<b>Abbildung A42:</b> Ko-Publikationen Materialwissenschaften mit Japan (Scopus) .....	172
<b>Abbildung A43:</b> Ko-Publikationen Materialwissenschaften mit Korea .....	173
<b>Abbildung A44:</b> Ko-Publikationen Materialwissenschaften mit Indien (Scopus) .....	173
<b>Abbildung A45:</b> Ko-Publikationen Materialien für Batterien mit China (Scopus) .....	174
<b>Abbildung A46:</b> Ko-Publikationen Materialien für Batterien mit Japan (Scopus) .....	174
<b>Abbildung A47:</b> Ko-Publikationen Materialien für Batterien mit Korea (Scopus) .....	175
<b>Abbildung A48:</b> Ko-Publikationen Materialien für Batterien mit Indien (Scopus) .....	175

# Tabellen

<b>Tabelle 1:</b> Ranking Publikationen (Scopus, inkl. Ländergruppen) .....	16
<b>Tabelle 2:</b> Ranking Patentanmeldungen (transnational, inkl. Ländergruppen) .....	17
<b>Tabelle 3:</b> Publikationen (Scopus, inkl. Ländergruppen, 2018) .....	18
<b>Tabelle 4:</b> Patentanmeldungen (transnational, inkl. Ländergruppen, 2017) .....	19
<b>Tabelle 5:</b> Mobilität von Studierenden aus CN, JP, KR, IN, SG, MY: Anteil der APRA- und Benchmark-Länder an den gesamten Anteilen der Ausreisemobilität 2017 mit Ziel APRA und Benchmark-Länder .....	19
<b>Tabelle 6:</b> Anteil spezifischer Studienbereiche am Studierendenaustausch zwischen APRA-Ländern und Deutschland .....	21
<b>Tabelle 7:</b> Aufenthalte deutscher Studierender in den APRA-Ländern (PROMOS-Programm) .....	21
<b>Tabelle 8:</b> Deutsche Geförderte im PROMOS-Programm in MINT-Fächern .....	21
<b>Tabelle 9:</b> Schwerpunkte der Entwicklung der chinesischen Bioindustrie (2016–20) .....	27
<b>Tabelle 10:</b> Für die Bioökonomie relevante NSFC-Förderung der Lebens- und Gesundheitswissenschaften (2015–18) .....	29
<b>Tabelle 11:</b> Für die Bioökonomie/Bioindustrie relevante Nationale Schlüsselprojekte für FuE .....	30
<b>Tabelle 12:</b> Förderung durch das National Major Scientific Research Program of China (in Mio. Euro) .....	31
<b>Tabelle 13:</b> Ausgaben aus dem Haushalt des Department of Biotechnology, Indien (in Euro) .....	40
<b>Tabelle 14:</b> Übersicht über Biotech Parks in Indien .....	40
<b>Tabelle 15:</b> Schwerpunktbereiche in den Energietechnologien (2016–20) .....	48
<b>Tabelle 16:</b> Vorgängerprogramme des Nationalen Schlüsselprogramms für FuE (in Mio. Euro) .....	48
<b>Tabelle 17:</b> Chinesische Studierende in der EU-28 – die 15 wichtigsten Gastländer 2017 .....	74
<b>Tabelle 18:</b> Generation UK – China .....	76
<b>Tabelle 19:</b> Liste der Top 10 publizierenden und patentierenden APRA-Akteure im Bereich Lebenswissenschaften, Summe 2015–17 .....	97
<b>Tabelle 20:</b> Liste der Top-10 publizierenden und patentierenden APRA-Akteure im Bereich medizinische Biotechnologie, Summe 2015–17 .....	102
<b>Tabelle 21:</b> Liste der Top-10 patentierenden und publizierenden APRA-Akteure im Bereich Biomaterialien, Summe 2015–17 .....	107
<b>Tabelle 22:</b> Liste der Top-10 publizierenden und patentierenden APRA-Akteure im Bereich Materialwissenschaften, Summe 2015–17 .....	121
<b>Tabelle 23:</b> Liste der Top-10 publizierenden und patentierenden APRA-Akteure im Bereich „Materialtechnologien für Batterien“, Summe 2015–17 .....	126
<b>Tabelle 24:</b> Malaysia: Top-15 Herkunftsländer 2017 .....	138
<b>Tabelle 25:</b> Südkorea: Top-15 Herkunftsländer 2017 .....	141
<b>Tabelle A1:</b> Relevante Chinesische Universitäten (Bioökonomie/Bioindustrie) .....	176
<b>Tabelle A2:</b> Relevante CAS-Institute (Bioökonomie/Bioindustrie) .....	178
<b>Tabelle A3:</b> Relevante Institute anderer Akademien (Bioökonomie/Bioindustrie) .....	179
<b>Tabelle A4:</b> Relevante Chinesische Universitäten (Neue Energietechnologien) .....	180
<b>Tabelle A5:</b> Relevante CAS-Institute (Neue Energietechnologien) .....	180
<b>Tabelle A6:</b> Relevante Unternehmen (Neue Energietechnologien) .....	180
<b>Tabelle A7:</b> Bevölkerungsentwicklung und -struktur 2019–50 .....	181
<b>Tabelle A8:</b> Beispieltabelle für die Datenblätter, inkl. Indikatorbeschreibungen .....	183

# Abkürzungen

<b>AMED</b>	Japan Agency for Medical Research and Development	<b>EPA</b>	Europäisches Patentamt
<b>APRA</b>	Asian-Pacific Research Area	<b>EU</b>	Europäische Union
<b>ARWU</b>	Academic Ranking of World Universities	<b>FAST</b>	Five-hundred-meter Aperture Spherical Radio Telescope
<b>ASEAN</b>	Association of South East Asian Nations	<b>FR</b>	Frankreich
<b>AU</b>	Australien	<b>FuE</b>	Forschung und Entwicklung
<b>BEPC</b>	Beijing Electron Positron Collider	<b>GB</b>	Vereinigtes Königreich
<b>BIP</b>	Bruttoinlandsprodukt	<b>GEO</b>	Group on Earth Observations
<b>BMBF</b>	Bundesministerium für Bildung und Forschung	<b>GIAN</b>	Global Initiative Academic Network
<b>BMW</b>	Bayerische Motoren Werke	<b>GNSS</b>	Globales Navigations satellitensystem
<b>BMWi</b>	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	<b>GTAI</b>	Germany Trade and Invest
<b>BRI</b>	Belt and Road Initiative	<b>ID</b>	Indonesien
<b>CAAS</b>	Chinese Academy of Agricultural Sciences	<b>IN</b>	Indien
<b>CAEA</b>	China Atomic Energy Authority	<b>IPC</b>	Internationale Patentklassifikation
<b>CAS</b>	Chinese Academy of Sciences	<b>JASSO</b>	Japan Student Services Organization
<b>CASS</b>	Chinese Academy of Social Sciences	<b>JP</b>	Japan
<b>CCS</b>	Carbon Capture and Storage	<b>KI</b>	Künstliche Intelligenz
<b>CEPC</b>	Circular Electron Positron Collider	<b>KPCh</b>	Kommunistische Partei Chinas
<b>CFETR</b>	Chinese Fusion Engineering Testing Reactor	<b>KR</b>	Südkorea
<b>CN</b>	China	<b>LAMOST</b>	Large Sky Area Multi-Object Fibre Spectroscopic Telescope
<b>CNBS</b>	China National Bureau of Statistics	<b>LHC</b>	Large Hadron Collider
<b>CNIPA</b>	National Intellectual Property Administration	<b>METI</b>	Japanisches Ministerium für Wirtschaft und Industrie
<b>CNRS</b>	Centre National de la Recherche Scientifique	<b>MEXT</b>	Japanisches Ministerium für Bildung, Kultur, Sport, Wissenschaft und Technologie
<b>COMTRADE</b>	United Nations International Trade Statistics Database	<b>MHLW</b>	Japanisches Ministerium für Gesundheit, Arbeit und Soziales
<b>CSL</b>	Chinese Cybersecurity Law	<b>MIIT</b>	Chinesisches Ministerium für Industrie und Informationstechnologie
<b>CSTI</b>	Council for Science Technology and Innovation	<b>MOA</b>	Chinesisches Landwirtschaftsministerium
<b>DAAD</b>	Deutscher Akademischer Austauschdienst e.V.	<b>MOE</b>	Chinesisches Bildungsministerium
<b>DE</b>	Deutschland	<b>MOF</b>	Chinesisches Finanzministerium
<b>DFG</b>	Deutsche Forschungsgemeinschaft	<b>MOFCOM</b>	Chinesisches Handelsministerium
<b>DLR</b>	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt		
<b>EAST</b>	Experimental Advanced Superconducting Tokamak		

<b>MOST</b>	Chinesisches Ministerium für Wissenschaft und Technologie	<b>TW</b>	Taiwan
<b>MY</b>	Malaysia	<b>UNESCO</b>	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
<b>NDRC</b>	Staatliche Kommission für Entwicklung und Reform (China)	<b>US</b>	USA
<b>NIH</b>	National Institute of Health	<b>VN</b>	Vietnam
<b>NIIE</b>	Nguyen Tat Thanh Institute of International Education (Vietnam)	<b>W&amp;T</b>	Wissenschaft und Technologie
<b>NIIED</b>	National Institute for International Education (Südkorea)	<b>WDI</b>	World Development Indicators
<b>NIS</b>	National Innovation System	<b>WEF</b>	World Economic Forum
<b>NLHIAL</b>	National Laboratory of Heavy Ion Accelerator in Lanzhou	<b>WTI</b>	Wissenschaft, Technologie und Innovation
<b>NSFC</b>	National Natural Science Foundation of China	<b>WTO</b>	Welthandelsorganisation
<b>NVK</b>	Nationaler Volkskongress	<b>WTZ</b>	Wissenschaftlich-technologische Zusammenarbeit
<b>NZ</b>	Neuseeland	<b>ZK</b>	Zentralkomitee
<b>NZEC</b>	Near Zero Emission Coal		
<b>OECD</b>	Organisation for Economic Co-operation and Development		
<b>PATSTAT</b>	Weltweite Patentstatistik-Datenbank des Europäischen Patentamts		
<b>PH</b>	Philippinen		
<b>R&amp;D</b>	Research and Development		
<b>RMB</b>	Chinesischer Yuan		
<b>S&amp;T</b>	Science and Technology		
<b>SAMR</b>	Staatliche Marktregulierungsbehörde (China)		
<b>SCI</b>	Science Citation Index		
<b>Scopus</b>	Bibliometrische Datenbank von Elsevier		
<b>SG</b>	Singapur		
<b>SIPO</b>	State Intellectual Property Office (China)		
<b>SNA</b>	Soziale Netzwerkanalyse		
<b>SUSTech</b>	Southern University of Science and Technology		
<b>SZU</b>	Shenzhen University		
<b>TH</b>	Thailand		
<b>TNB</b>	Transnationale Bildung		



# Einleitung

**Der asiatisch-pazifische Raum hat sich bei Wissenschaft, Forschung und Innovation in den letzten Jahren sehr dynamisch entwickelt. Daraus ergeben sich für Deutschland sowohl wissenschaftlich als auch wirtschaftlich große Chancen in der Region. Mit vielen Ländern der Region gibt es bereits eine intensive und lange bestehende Zusammenarbeit in Wissenschaft und Technologie in zahlreichen Themen und Disziplinen. In anderen Fällen sind diese Kooperationsbeziehungen aber noch weniger ausgeprägt oder im Verlauf des vergangenen Jahrzehnts der Dynamik in der Region nicht gefolgt.**

**Insgesamt entwickeln sich die Forschungs- und Innovationssysteme in der Region wie auch die Rahmenbedingungen der Kooperation kontinuierlich weiter. Im Sinne einer evidenzbasierten Politik sind umfassende quantitative wie auch qualitative Informationen zur Bewertung der Situation, der Entwicklung und deren Implikationen unumgänglich. Diese sind einerseits notwendig, um das Erstarken möglicher Konkurrenten frühzeitig zu erkennen, andererseits aber, noch wichtiger, um Möglichkeiten zum Ausbau bestehender und zur Initiierung neuer Partnerschaften identifizieren zu können. Um relevante Entwicklungsdynamiken in der asiatisch-pazifischen Region erfassen und mit jenen in etablierten Wissenschafts- und Innovationsnationen vergleichen zu können, ist eine Daten- und Informationssammlung und eine kontinuierliche Analyse der Entwicklungen notwendig.**

**Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) beobachtet die dynamische Entwicklung von Wissenschaft, Forschung und Innovation im Asiatisch-Pazifischen Forschungsraum bereits seit mehreren Jahren, um das eigene Handeln adäquat auf neue Entwicklungen abstimmen zu können. 2019 wurde hierzu im Rahmen des Auftrags „Monitoring des Asiatisch-Pazifischen Forschungsraums (APRA) mit Schwerpunkt China“ ein erster ausführlicher Bericht vorgelegt<sup>1</sup>. Dieser zweite, im Rahmen des Auftrags vorgelegte Bericht aktualisiert und erweitert die Betrachtung um neue thematische Schwerpunkte.**

Mit dem hier vorgelegten zweiten Monitoring-Bericht zur asiatisch-pazifischen Region (Englisch: Asian-Pacific Research Area, APRA) sollen auf Basis wissenschaftlich fundierter Methoden relevante Daten und Informationen über Trends und Strukturen bereitgestellt werden. Ziel der Berichte ist es, sowohl wissenschaftlich gesicherte Erkenntnisse hervorzubringen als auch politische Entscheidungsträger über relevante Entwicklungen ins Bild zu setzen. Der asiatisch-pazifische Forschungsraum wird dabei durch folgende Länder<sup>2</sup> bzw. Wissenschaftsräume definiert: Australien, China, Indien, Indonesien, Japan, Malaysia, Neuseeland, Philippinen, Singapur, Südkorea, Taiwan, Thailand und Vietnam. In den folgenden Betrachtungen wird zusätzlich der Verband Südostasiatischer Nationen (ASEAN)

als Gruppe ausgewiesen. Zusätzlich werden zu Vergleichszwecken neben Deutschland auch Frankreich, Kanada, Großbritannien und die USA betrachtet.

In einem ersten, einleitenden Kapitel gibt der Bericht eine allgemeine Übersicht über die Positionierung der Länder des APRA-Raums in verschiedenen Key Enabling Technologies (KETs), um eine übergreifende Kontextualisierung der in Folge geschilderten spezifischeren Entwicklungen zu ermöglichen. Vertiefend betrachtet werden in diesem Sinne bereits in diesem ersten Kapitel die Themen Bioökonomie (Biotechnologie, Bioengineering sowie ihre Anwendungen in Industrie und Landwirtschaft) sowie erneuerbare Energietechnologien.

<sup>1</sup> [https://www.kooperation-international.de/fileadmin/user\\_upload/apra\\_performance\\_2018.pdf](https://www.kooperation-international.de/fileadmin/user_upload/apra_performance_2018.pdf)

<sup>2</sup> Die Bezeichnung „Länder“ umfasst in diesem Zusammenhang Staaten, Provinzen und Territorien. Sie spiegelt nicht die Position der Bundesregierung hinsichtlich des Status eines Landes oder einer Region wider.

# Einleitung

Mit seiner rapiden Entwicklung spielt China als neuer, großer Akteur eine besondere Rolle, da das Land das wissenschaftlich-technologische Kompetenzgefüge nicht nur im asiatisch-pazifischen Raum, sondern auch weltweit stark beeinflusst. Durch die Verschiebung der globalen Forschungs- und Entwicklungsinvestitionen und -aktivitäten nach China muss damit gerechnet werden, dass mittelfristig auch der Schwerpunkt der Wissens- und Technologiegenerierung in Richtung China und damit in die asiatisch-pazifische Region wandert. Nach der im ersten Bericht vorgelegten Analyse des Forschungs- und Innovationssystems Chinas legt dieser zweite Bericht vor diesem Hintergrund daher in seinem zweiten Kapitel einen spezifischen Schwerpunkt auf die Analyse der Kooperationsaktivitäten ausgewählter europäischer Länder mit China sowie auf Möglichkeiten und gezielte Aktivitäten, um diese in den kommenden Jahren zu vertiefen.

In zwei weiteren, thematischen Kapiteln widmet sich der Bericht der Analyse aktueller Entwicklungen in den Themenfeldern Lebenswissenschaften und Materialwissenschaften. An der Entwicklung wissenschaftlich-technologischer Kompetenzen in diesen Themenfeldern besteht im APRA-Raum zurzeit ein besonderes Interesse. Im Bereich Lebenswissenschaften wird dabei ein Schwerpunkt auf das Feld medizinische Biotechnologie gelegt, im Bereich Materialwissenschaft vertieft die Analyse das Thema Batterietechnologien. Hierauf folgt eine vertiefende Betrachtung des Themas „Education Hubs“.

Über nahezu alle Kapitel hinweg integriert der Bericht quantitativ-empirische Beiträge mit qualitativen Ausführungen zur Struktur der wissenschaftlich-technologischen Systeme relevanter APRA-Länder sowie korrespondierender Strategien und Maßnahmen auf Seiten der Politik. Aus der Kombination beider werden Schlussfolgerungen zum Status quo und zu absehbaren Entwicklungen im jeweiligen Themenfeld abgeleitet und analytisch bewertet.

# Querschnittskapitel

## Querschnittskapitel 1: Zukunftstechnologien in Asien

---

### Schwerpunkt Bioökonomie / erneuerbare Energietechnologien

Der asiatisch-pazifische Raum hat sich bei Wissenschaft, Forschung und Innovation in den letzten Jahren sehr dynamisch entwickelt. Vor diesem Hintergrund soll hier eingeordnet werden, in welchen der vormals vor allem von europäischen und amerikanischen Akteuren dominierten Themenbereiche die Länder des APRA-Raums in den vergangenen Jahren maßgeblich aufgeholt und welche spezifischen nationalen Kompetenzprofile sie dabei ausgebildet haben.

Das folgende Kapitel beginnt mit einem Überblick über die wissenschaftlich-technologischen Aktivitätsschwerpunkte in den Ländern des APRA-Raums entlang der sogenannten Schlüsseltechnologien (Key Enabling Technologies). Diese Liste potenziell strukturverändernder Technologien bildet seit Beginn der 2010er Jahre einen weit verbreiteten Referenzrahmen in forschungs- und innovationspolitischen Studien. Zu ihnen zählen Biotechnologie, Mikro- und Nanoelektronik, Neue Werkstoffe, Nanotechnologie, Photonik und moderne (fortschrittliche) Produktionstechnologien.

Unter den in dieser Weise identifizierten Schwerpunkten einzelner APRA-Länder finden sich allerdings verschiedene, zu denen bereits eine umfangreiche, themenspezifische Berichterstattung vorliegt. Im Mittelpunkt der vertiefenden Analysen dieses Berichts stehen daher im Folgenden Entwicklungen im Bereich der Bioökonomie, d.h. der Nutzung von Biotechnologie und Bioengineering in Industrie und Landwirtschaft, sowie solche im Bereich der erneuerbaren Energietechnologien, zu denen bislang weniger Evidenz vorlag, deren große Bedeutung sowohl für Deutschland als auch den APRA-Raum allerdings aus der vergleichenden Analyse ebenfalls klar hervorgeht. Unzweifelhaft spielen China, Japan und Südkorea in diesen Technologien mittlerweile eine Schlüsselrolle als globale Vorreiter. Indien ist zwar noch im Aufholmodus, hat jedoch aufgrund seiner erheblichen Bevölkerungszahl und kraft alternativer Politikansätze und spezifischer Anwendermärkte eine besondere Bedeutung als Kooperationspartner für Deutschland. Abschließend befasst sich das Kapitel daher ergänzend mit forschungs- und innovationspolitischen Schwerpunktsetzungen im Hinblick auf Bioökonomie und erneuerbare Energietechnologien in ausgewählten APRA-Ländern.

### Relevanz der APRA-Länder in zentralen Schlüsseltechnologien

#### Wissenschaftliche Aktivitäten

Mit Blick auf die Schlüsseltechnologien ist festzustellen, dass China in Bezug auf die absolute Anzahl der Publikationen in allen Bereichen der bedeutendste wissenschaftliche Akteur geworden ist. Einzig im Bereich Biotechnologie hat es die Europäische Union unter Einbeziehung Großbritanniens noch nicht vollständig überholt, was aber bei fortlaufendem Trend

in den kommenden Jahren bevorsteht. Generell hält sich die Europäische Union mit oder ohne Einbeziehung Großbritanniens auf dem zweiten Platz, darauf folgen in nahezu allen Feldern die USA. Lediglich im Themenbereich Nanotechnologie hat Indien die USA überholt und belegt statt dem üblicherweise vierten bereits den dritten Platz. Diese grundlegende Reihenfolge ist im Publikationsbereich unabhängig von den betrachteten Technologiefeldern stabil. Korea

TABELLE 1: Ranking Publikationen (Scopus, inkl. Ländergruppen)

(2018)	INDUSTRIELLE BIOTECHNOLOGIE	NANOTECHNOLOGIE	MIKROELEKTRONIK	PHOTONIK	NEUE WERKSTOFFE	FORTSCHRITTLICHE PRODUKTION	BIOÖKONOMIE	ERNEUERBARE ENERGIEN
China	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
Japan	9.	7.	6.	8.	7.	11.	7.	9.
Korea	6.	5.	8.	12.	6.	9.	8.	6.
Indien	4.	3.	4.	4.	4.	4.	4.	4.
ASEAN	5.	9.	9.	10.	10.	7.	9.	8.
USA	3.	4.	3.	3.	3.	3.	3.	3.
(EU-28) / EU-27	(1.)/2.	(2.)/2.	(2.)/2.	(2.)/2.	(2.)/2.	(2.)/2.	(1.)/2.	(2.)/2.
Deutschland	7.	6.	5.	6.	5.	5.	5.	5.

ANMERKUNG: APRA-Länder sowie Länder der Vergleichsgruppe absteigend geordnet nach absoluten FuE-Ausgaben

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

und Japan weisen demgegenüber unterschiedliche Stärken auf. Während Korea in den Bereichen Nanotechnologie, neue Werkstoffe und industrielle Biotechnologie den fünften bzw. sechsten Platz belegt, ist seine Positionierung in den Bereichen Mikroelektronik, fortschrittliche Produktion und v.a. Photonik deutlich schlechter. Mit seinen Stärken in den Bereich Mikroelektronik, neue Werkstoffe und Nanotechnologie weist Japan demgegenüber ein deutlich anderes Profil auf. Die ASEAN-Staaten sind am sichtbarsten in den Bereichen industrielle Biotechnologie und fortschrittliche Produktion. Auch in den in diesem Kapitel betrachteten Sonderthemen unterscheidet sich die Rangfolge der publizierenden Nationen nicht wesentlich vom Gesamtbild.

### Technologische Aktivitäten

Im Hinblick auf das absolute Patentaufkommen ergibt sich zwischen den verschiedenen Schlüsseltechnologien ein gemischtes Bild. In den Bereichen industrielle Biotechnologie und Nanotechnologie sind die USA führend, in den Bereichen Mikroelektronik, Photonik und neue Werkstoffe dagegen eindeutig Japan. Der jeweils andere Partner erreicht demgegenüber meist nur den dritten Platz, da die Europäische Union (mit oder ohne Großbritannien) in vielen anderen Schlüs-

seltechnologien den zweiten Platz belegt. Sie bleibt allerdings führend im Bereich fortschrittliche Produktion. Im Bereich industrielle Biotechnologie wird von der EU-27/28 allerdings nur der dritte (nach den USA und Japan), im Bereich Mikroelektronik sogar nur der vierte Rang erreicht, da hier bereits China unter die Top-3 aufgerückt ist. Üblicherweise belegt China in allen Schlüsseltechnologien noch den vierten oder fünften Rang, allerdings stets begleitet von einer starken und ungebrochenen Wachstumsdynamik. Korea erreicht durchgängig Rang fünf oder sechs. Anmeldungen aus ASEAN-Staaten erreichen v.a. im Bereich Nanotechnologie, in dem sie Großbritannien und Kanada überholt haben, eine relevante Größenordnung. Indien kommt hingegen in keiner Schlüsseltechnologie über den zehnten Rang hinaus und erreicht auch absolut keine nennenswerten Zahlen. Auch hinsichtlich der beiden in diesem Kapitel vertieft betrachteten Sonderthemen unterscheidet sich die Rangfolge der anmeldenden Nationen nicht wesentlich vom Gesamtbild.

TABELLE 2: Ranking Patentanmeldungen (transnational, inkl. Ländergruppen)

(2017)	INDUSTRIELLE BIOTECHNOLOGIE	NANOTECHNOLOGIE	MIKRO-ELEKTRONIK	PHOTONIK	NEUE WERKSTOFFE	FORTSCHRITTLICHE PRODUKTION	BIOÖKONOMIE	ERNEUERBARE ENERGIEN
China	4.	4.	2.	4.	4.	5.	4.	5.
Japan	2.	3.	1.	1.	1.	2.	3.	2.
Korea	6.	6.	5.	6.	6.	6.	6.	7.
Indien	11.	13.	12.	14.	11.	10.	11.	10.
ASEAN	13.	8.	9.	10.	9.	13.	12.	11.
USA	1.	1.	3.	3.	3.	3.	1.	3.
(EU-28) / EU-27	(3.)/3.	(2.)/2.	(4.)/4.	(2.)/2.	(2.)/2.	(1.)/1.	(2.)/2.	(1.)/1.
Deutschland	5.	7.	6.	5.	5.	4.	5.	4.

ANMERKUNG: APRA-Länder sowie Länder der Vergleichsgruppe absteigend geordnet nach absoluten FuE-Ausgaben

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO Patstat

## Relevanz zentraler Schlüsseltechnologien für die APRA-Länder

Die relative Bedeutung der einzelnen Felder innerhalb der einzelnen APRA- und Vergleichsländer kann nicht gut allein anhand der Absolutzahlen beurteilt werden, da sie sich bezüglich ihres Zuschnitts stark unterscheiden und die absoluten Anzahlen stark von der Größe des jeweiligen Landes insgesamt abhängen. So werden auf den vergleichsweise eng gefassten Bereich der Nanotechnologie immer weniger Aktivitäten entfallen als auf ein breites Feld wie Bioökonomie, Werkstoffe oder fortschrittliche Produktion und in China stets mehr Aktivitäten zu beobachten sein als in Singapur. Dennoch ist es relevant festzuhalten, ob ein Land seine Anstrengungen über den globalen Durchschnitt hinausgehend auf bestimmte Bereiche fokussiert bzw. andere zwar absolut relevant sein mögen, aber im Gesamtportfolio des entsprechenden Landes nur unterdurchschnittlich vertreten.

Eine einfache Methode, einen solchen Vergleich zu ermöglichen, ist es, die einzelnen Felder danach zu ordnen, welchen Anteil an allen weltweiten Aktivitäten das entsprechende Land innerhalb des in Rede stehenden Feldes hat. Dazu wird der Anteil des Feldes im jeweiligen Land an allen Publikationen/Patentanmeldungen weltweit berechnet. Zum Vergleich ist in Tabelle 3 und Tabelle 4 der Anteil der gesamten

Publikationen/Patente des jeweiligen Landes an allen weltweiten Publikationen/Patenten dargestellt. Somit kann verglichen werden, ob eine Technologie in einem Land ein über- oder unterdurchschnittliches Gewicht im technologischen Profil eines Landes einnimmt. Darüber hinaus lassen sich die Felder danach ordnen, welches Land eine im internationalen Vergleich eher hohe oder eher niedrige Bedeutung aufweist.

### Wissenschaftliche Aktivitäten

Deutschland zeigt im Bereich der Publikationen klare Schwerpunkte in den Bereichen Bioökonomie, erneuerbare Energien und neue Werkstoffe. In der Europäischen Union findet sich ein vergleichbares Profil, zu dem allerdings statt neuer Werkstoffe die Photonik hinzukommt. In den USA spielt darüber hinaus das Thema industrielle Biotechnologie eine relativ bedeutendere Rolle als erneuerbare Energien. Unter den APRA-Ländern zeigt sich in China ein relativer Schwerpunkt auf Mikro-/Nanoelektronik, neue Werkstoffe und Photonik, Indien hingegen engagiert sich überproportional in den Bereichen industrielle Biotechnologie, Nanotechnologie und Mikro-/Nanoelektronik. Japan hingegen fokussiert auf die Bereiche Bioökonomie, neue Werkstoffe und Mikro-/Nanoelektronik, Korea auf erneuerbare Energien, industrielle

TABELLE 3: Publikationen (Scopus, inkl. Ländergruppen, 2018)

DEUTSCHLAND	CHINA	INDIEN	JAPAN	KOREA	ASEAN	USA	EU-27	EU-28*
<b>ANTEIL WELT (erste Zeile: feldübergreifend, als Referenz; im Folgenden: feldspezifisch, geordnet nach Höhe)</b>								
5,9%	21,5%	5,1%	4,3%	3,1%	3,1%	22,4%	25,2%	32,2%
Bioökonomie (6,3%)	Mikro-/Nano-elektronik (40,5%)	industrielle Biotechnologie (13,6%)	Bioökonomie (5,1%)	erneuerbare Energien (5,7%)	industrielle Biotechnologie (8,3%)	Bioökonomie (21,4%)	Bioökonomie (24,1%)	Bioökonomie (29,5%)
erneuerbare Energien (5,8%)	neue Werkstoffe (39,0%)	Nanotechnologie (13,1%)	neue Werkstoffe (4,9%)	industrielle Biotechnologie (5,6%)	erneuerbare Energien (4,9%)	Photonik (18,5%)	erneuerbare Energien (22,2%)	Photonik (27,6%)
neue Werkstoffe (5,7%)	Photonik (38,8%)	Mikro-/Nano-elektronik (10,4%)	Mikro-/Nano-elektronik (4,7%)	neue Werkstoffe (5,0%)	fortschrittliche Produktion (4,1%)	industrielle Biotechnologie (15,5%)	Photonik (21,4%)	erneuerbare Energien (27,2%)
fortschrittliche Produktion (5,4%)	Nanotechnologie (38,0%)	erneuerbare Energien (8,3%)	industrielle Biotechnologie (4,4%)	Nanotechnologie (4,4%)	Bioökonomie (3,8%)	erneuerbare Energien (14,0%)	fortschrittliche Produktion (21,2%)	fortschrittliche Produktion (26,0%)
Photonik (5,3%)	erneuerbare Energien (34,9%)	fortschrittliche Produktion (7,8%)	Photonik (4,2%)	Mikro-/Nano-elektronik (4,3%)	Mikro-/Nano-elektronik (3,8%)	neue Werkstoffe (13,9%)	neue Werkstoffe (20,2%)	industrielle Biotechnologie (24,3%)
Mikro-/Nano-elektronik (5,0%)	fortschrittliche Produktion (33,7%)	neue Werkstoffe (7,2%)	erneuerbare Energien (4,1%)	Bioökonomie (3,8%)	Photonik (3,6%)	Mikro-/Nano-elektronik (12,0%)	industrielle Biotechnologie (20,1%)	neue Werkstoffe (24,3%)
industrielle Biotechnologie (5,0%)	Bioökonomie (26,5%)	Bioökonomie (7,2%)	Nanotechnologie (3,8%)	fortschrittliche Produktion (3,2%)	Nanotechnologie (3,6%)	fortschrittliche Produktion (11,7%)	Mikro-/Nano-elektronik (18,4%)	Mikro-/Nano-elektronik (22,7%)
Nanotechnologie (4,3%)	industrielle Biotechnologie (22,8%)	Photonik (6,6%)	fortschrittliche Produktion (2,4%)	Photonik (2,6%)	neue Werkstoffe (3,3%)	Nanotechnologie (11,5%)	Nanotechnologie (16,0%)	Nanotechnologie (19,7%)

ERLÄUTERUNG: Angaben zu und Berechnungen auf Basis von Publikationszahlen beruhen hier und im Folgenden grundsätzlich auf Vollzählungen (full count); d. h. die Zählung von Publikationen wird nicht entsprechend ihrer Autorenzahl gemindert, sondern jede Publikation wird stets voll gezählt; IN BLAU: überdurchschnittliche Werte/Anteile am globalen Publikationsaufkommen

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

Biotechnologie und neue Werkstoffe. In den ASEAN-Ländern findet sich v. a. ein relativer Schwerpunkt auf industrieller Biotechnologie. Fast jedes APRA-Land weist damit ein eigenes, spezifisches Profil auf, im Rahmen dessen sich wissenschaftliche Zusammenarbeiten anbieten. Grundsätzlich weisen die asiatischen APRA-Länder durch ihren starken Fokus auf Natur- und Ingenieurwissenschaften darüber hinaus in fast allen betrachteten Bereichen überdurchschnittliche Spezialisierungen auf, da es vor Ort weniger Parallelaktivitäten in den Geistes- und Sozialwissenschaften gibt.

**Technologische Aktivitäten**

Mit Blick auf Patentanmeldungen liegt ein klarer, relativer Schwerpunkt in Deutschland im Bereich der fortschrittlichen Produktion und der erneuerbaren Energien, eingeschränkt auch im Bereich der neuen Werkstoffe und der Photonik. Während die ersten beiden Felder auch in der Europäischen Union auf Platz eins und zwei stehen, spielt dort die Bioökonomie aufgrund von Aktivitäten in anderen Mitgliedsstaaten eine größere Rolle. Die USA weisen mit relativen Schwerpunkten im Bereich Bioökonomie, Nanotechnologie und industrielle Biotechnologie

ein merklich unterschiedliches technologisches Profil auf. Dies gilt in anderer Weise auch für China und Korea. In diesen Ländern stehen jeweils Mikro-/Nano-elektronik an erster Stelle, gefolgt von Photonik. In China ist der Bereich Mikro-/Nanoelektronik bislang der einzige hier betrachtete Bereich, in dem eine relative Spezialisierung vorliegt. Korea ist mit relativ überdurchschnittlichen Aktivitäten auch in den Feldern Photonik, erneuerbare Energien und neue Werkstoffe breiter aufgestellt. Indien zeigt überdurchschnittliche Aktivitäten im Bereich der auch für Deutschland relevanten erneuerbaren Energien, darüber hinaus im Bereich Bioökonomie. In den ASEAN-Ländern liegt der deutlichste – wenngleich absolut wenig ausgeprägte – Schwerpunkt im Bereich Nanotechnologie. Auch hier ist – innerhalb des insgesamt kleinen Portfolios – eine relativ breite Aufstellung im Bereich der Schlüsseltechnologien zu konstatieren. Anders als im Bereich der wissenschaftlichen Aktivitäten bleiben bei der technologischen Betrachtung somit v. a. Japan und Korea als breit aufgestellte Akteure für Kooperationen von Interesse. China, Indien und die ASEAN-Staaten (v. a. Singapur und Malaysia) positionieren sich darüber hinaus als ergänzende Ansprechpartner in unterschiedlichen Bereichen.

TABELLE 4: Patentanmeldungen (transnational, inkl. Ländergruppen, 2017)

DEUTSCHLAND	JAPAN	CHINA	KOREA	INDIEN	ASEAN	USA	EU-27	EU-28*
<b>ANTEIL WELT (erste Zeile: feldübergreifend, als Referenz; im Folgenden: feldspezifisch, geordnet nach Höhe)</b>								
<b>11,3%</b>	<b>18,8%</b>	<b>18,4%</b>	<b>6,1%</b>	<b>1,3%</b>	<b>0,6%</b>	<b>22,8%</b>	<b>25,8%</b>	<b>29,0%</b>
fortschrittliche Produktion (17,3%)	neue Werkstoffe (38,9%)	Mikro-/Nano-elektronik (19,3%)	Mikro-/Nano-elektronik (9,8%)	erneuerbare Energien (1,8%)	Nano-technologie (4,0%)	Bioökonomie (34,2%)	erneuerbare Energien (38,0%)	erneuerbare Energien (41,3%)
erneuerbare Energien (14,1%)	Mikro-/Nano-elektronik (34,0%)	Photonik (16,5%)	Photonik (9,4%)	Bioökonomie (1,3%)	erneuerbare Energien (1,1%)	Nano-technologie (33,1%)	fortschrittliche Produktion (30,6%)	fortschrittliche Produktion (33,1%)
neue Werkstoffe (9,9%)	Photonik (31,1%)	fortschrittliche Produktion (15,4%)	erneuerbare Energien (8,4%)	Nano-technologie (1,2%)	Bioökonomie (1,1%)	industrielle Biotechnologie (32,1%)	Bioökonomie (26,0%)	Bioökonomie (30,4%)
Photonik (9,4%)	industrielle Biotechnologie (23,6%)	erneuerbare Energien (13,7%)	neue Werkstoffe (8,3%)	industrielle Biotechnologie (1,1%)	Mikro-/Nano-elektronik (1,0%)	fortschrittliche Produktion (20,3%)	neue Werkstoffe (22,5%)	neue Werkstoffe (24,1%)
Bioökonomie (8,9%)	fortschrittliche Produktion (21,9%)	Bioökonomie (10,3%)	Bioökonomie (6,9%)	fortschrittliche Produktion (1,0%)	neue Werkstoffe (0,9%)	Mikro-/Nano-elektronik (19,1%)	Photonik (21,1%)	industrielle Biotechnologie (24,0%)
industrielle Biotechnologie (7,8%)	erneuerbare Energien (17,0%)	Nano-technologie (10,3%)	industrielle Biotechnologie (5,8%)	neue Werkstoffe (0,7%)	industrielle Biotechnologie (0,8%)	neue Werkstoffe (17,5%)	industrielle Biotechnologie (20,9%)	Photonik (23,2%)
Mikro-/Nano-elektronik (7,2%)	Nano-technologie (15,9%)	neue Werkstoffe (10,1%)	Nano-technologie (4,7%)	Mikro-/Nano-elektronik (0,5%)	Photonik (0,6%)	Photonik (17,1%)	Nano-technologie (19,1%)	Nano-technologie (21,9%)
Nano-technologie (4,4%)	Bioökonomie (13,4%)	industrielle Biotechnologie (9,7%)	fortschrittliche Produktion (4,4%)	Photonik (0,3%)	fortschrittliche Produktion (0,4%)	erneuerbare Energien (14,6%)	Mikro-/Nano-elektronik (14,9%)	Mikro-/Nano-elektronik (16,3%)

ERLÄUTERUNG: Angaben zu und Berechnungen auf Basis von Patentzahlen beruhen hier und im Folgenden grundsätzlich auf Vollzählungen (full count); d. h. die Zählung von Patentanmeldungen wird nicht entsprechend ihrer Anmelderzahl gemindert, sondern jede Anmeldung wird stets voll gezählt; IN BLAU: überdurchschnittliche Werte/Anteile am globalen Patentaufkommen

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

## Studierendenmobilität in thematischen Schlüsselbereichen

Betrachtet man für die APRA-Länder China, Japan, Südkorea, Indien, Singapur und Malaysia die Studierendenströme in den APRA-Raum und in die Benchmarkländer auf Basis der verfügbaren UNESCO-Daten (vgl. Tabelle 5), so ergibt sich folgendes Bild<sup>3</sup>: Mit 39% ist der APRA-Anteil im Fall Singapurs am größten unter den hier betrachteten Ländern, für

Japan ist er mit 16% am geringsten. Unter den Zieländern im APRA-Raum dominiert für Singapur eindeutig Australien. Wird es nicht berücksichtigt, so beträgt der APRA-Anteil nur 6%. Auch für Malaysia ist Australien das mit Abstand wichtigste Zielland im APRA-Raum. Wird es nicht berücksichtigt, reduziert sich der APRA-Anteil auf 13%.

TABELLE 5: Mobilität von Studierenden aus CN, JP, KR, IN, SG, MY: Anteil der APRA- und Benchmark-Länder an den gesamten Anteilen der Ausreisemobilität 2017 mit Ziel APRA und Benchmark-Länder

	ANTEIL APRA	ANTEIL APRA OHNE AUSTRALIEN	ANTEIL BENCHMARK-LÄNDER
China	30,3	16,5	57,8
Indien	20,9	5,2	62,6
Japan	16,0	8,9	71,7
Malaysia	36,8	12,9	43,8
Singapur	39,4	6,2	53,7
Südkorea	23,1	15,2	83,4

QUELLE: UNESCO. Einschränkung: Daten zu China und Singapur als Gastland sind nicht in der UNESCO Datenbank enthalten; ebenfalls fehlen Daten zu den Philippinen, Vietnam und Thailand

3 Da die UNESCO-Daten keine Differenzierung nach Fächern zulassen, wird hier jeweils die Gesamtheit aller Fachrichtungen betrachtet.

Die übrigen APRA-Länder haben eine deutlich geringere Bedeutung als Zielland. Vergleichsweise hohe Anteile an der Gesamtmobilität finden sich noch bei den Zielländern Japan (Südkorea → Japan (12,5%), China → Japan (9%), Malaysia → Japan (4%)) und Südkorea (Japan → Südkorea (6%)). Die beliebtesten Gastländer für südkoreanische Studierende sind: 1. USA, 2. Japan, 3. Australien, 4. Kanada, 5. Großbritannien, 6. Deutschland, 7. Frankreich, 8. Malaysia. Allerdings ist bei dieser Aussage zu bedenken, dass die Zahl der Studierenden in China nicht enthalten ist, da diese auch in der der Auswertung zu Grunde liegenden UNESCO-Datenbank nicht verfügbar ist. Für Studierende aus den APRA-Ländern ist Indien als Gastland eher von geringer Bedeutung: Am stärksten vertreten ist Malaysia, das mit 2,6% das sechstwichtigste Herkunftsland internationaler Studierender in Indien ist (nach Nepal (22,5%) Afghanistan, Bhutan, Nigeria, Sudan). Im Hinblick auf die Bedeutung von Studierenden aus APRA-Ländern für deutsche Hochschulen gilt, dass China und Indien die wichtigsten Herkunftsländer internationaler Studierender sind. Die aktuellsten Daten des Statistischen Bundesamtes zeigen für 2019 eine zunehmende Bedeutung Indiens. Die Zahlen nahmen im Vergleich zu 2018 um 19% zu.

2018 erhielten rund 1.900 Personen aus APRA-Ländern eine Individualförderung durch den Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD), aus Deutschland gingen 1.200 Geförderte in APRA-Länder. Die meisten der Geförderten aus dem APRA-Raum gehörten dabei den Fächergruppen Mathematik/Naturwissenschaften (26%) und Ingenieurwissenschaften (25%) an. Innerhalb der Fächergruppe Mathematik/Naturwissenschaften fielen je rund 12% auf die Studienbereiche Biologie und Chemie, an dritter Stelle folgt mit 10% Informatik. Innerhalb der Fächergruppe Ingenieurwissenschaften war der beliebteste Studienbereich Maschinenbau (16%), gefolgt von „Ingenieurwissenschaften (sonst.)“ (13,5%) und Werkstoffwissenschaft und Hüttenwesen (13%).

Zur Einschätzung der Relevanz der Gefördertenzahlen für die Berichtsschwerpunkte wurden die bei der Förderung erfassten Disziplinen den Key Enabling

Technologies (KET) zugeordnet (wenngleich natürlich der spätere Fachbereich nicht unbedingt durch das Studienfach bestimmt wird). Es ergibt sich bei der Zuordnung der Studienbereiche aus der DAAD-Fächersystematik zu den Schlüsseltechnologien folgende Verteilung (s. Abbildung): Insgesamt ist ein relativ hoher Anteil der Gefördertenzahlen für Disziplinen zu verzeichnen, die für die KET Nanotechnologie und Mikro und Nanoelektronik sowie Bioökonomie/erneuerbare Energietechnologie relevant sind. 5,8% derer, die für einen Aufenthalt in einem APRA-Land eine Förderung erhielten, studierten Chemie, Festkörperphysik/Materialwissenschaften oder Physik. Insgesamt sind die Anteile für Geförderte aus APRA und Geförderte aus Deutschland vergleichbar, lediglich für die Schlüsseltechnologie Werkstoffe war der Anteil bei Geförderten aus APRA (Incoming) deutlich höher. Die wichtigsten Zielländer deutscher Geförderter waren Japan (37%) und Australien (17%). Indien ist das wichtigste Herkunftsland in allen Studienbereichen, die den KET zugeordnet wurden, jeweils gefolgt von China.

**Aufenthalte deutscher Studierender in APRA (PROMOS):** Im Rahmen des PROMOS-Programms zur Steigerung der Mobilität von Studierenden und Promovierenden deutscher Hochschulen, das vom DAAD aus Mitteln des BMBF gefördert wird, gingen 2018 3.465 Studierende in ein APRA-Land. Ein weiteres Ziel des Programms ist die Unterstützung der hochschuleigenen Internationalisierungsstrategie, die Fördermittel werden den Hochschulen zur eigenständigen Durchführung und Abwicklung der Fördermaßnahmen zur Verfügung gestellt. Somit stellen die Gefördertenzahlen möglicherweise aufgrund einer strategischen Verteilung der Mittel durch die Hochschulen auch ein Abbild der von ihnen gesetzten Schwerpunkte dar.

Von den 3.465 Studierenden aus Deutschland, die 2018 in APRA-Länder gingen, waren 1.219 (35%) Studierende von MINT-Fächern, wobei Ingenieurwissenschaften 25% und Mathematik und Naturwissenschaften 10,5% ausmachen. Betrachtet man die Gesamtzahl der PROMOS-Geförderten (alle Zielländer), so ist der MINT-Anteil mit 28% geringer.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Der im Vergleich zu anderen Fächern geringe Anteil international mobiler Studierender in MINT-Fächern ist ein allgemeines und vielfach im Zusammenhang mit Internationalisierung thematisiertes Phänomen (z. B. Studie des Stifterverbands „Wie international ist MINT?“ (2018)). Die hohe Zahl in der Fächergruppe „Rechts- Wirtschafts- und Sozialwissenschaften“ ergibt sich außerdem durch die Zusammenfassung eines breiten Fächerspektrums.

TABELLE 6: Anteil spezifischer Studienbereiche am Studierendenaustausch zwischen APRA-Ländern und Deutschland

STUDIENBEREICH (DAAD)	BERICHTSSCHWERPUNKT (KET)	GEFÖRDERTE DEUTSCHE IN APRA-LÄNDERN	GEFÖRDERTE AUS APRA-LÄNDERN IN DEUTSCHLAND	TOP APRA-ZIELLÄNDER	TOP-APRA-HERKUNFTSLÄNDER
Chemie, Materialwissenschaften, Physik, Festkörperphysik	Nanotechnologie, Mikro- und Nanoelektronik	5.8%	5.8%	JAPAN, Australien, Indien, Südkorea	INDIEN, China, Taiwan
Physik	Photonik	1.8%	2.3%	Australien, Japan	INDIEN, China
Werkstoffwissenschaften und Hüttenwesen	Werkstoffe	0.7%	3.1%	Japan	INDIEN, China
Biotechnologie	Biotechnologie	0.1%	0.7%	Japan	INDIEN, China
Verfahrenstechnik, Fertigungstechnik	Produktion / Advanced Manufacturing	0.5%	0.8%	Südkorea	INDIEN, Vietnam, China
Elektrische Energietechnik, Physik, Ingenieurwissenschaften	Bioökonomie / erneuerbare Energietechnologien	3.5%	3.9%	Australien, Japan, Vietnam	INDIEN, China, Vietnam

QUELLE: DAAD (Individualförderung)

TABELLE 7: Aufenthalte deutscher Studierender in den APRA-Ländern (PROMOS-Programm)

FÄCHERGRUPPE	ANZAHL	ANTEIL
Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften	1.488	42,94
Ingenieurwissenschaften	856	24,70
Sprach- und Kulturwissenschaften	439	12,67
Mathematik und Naturwissenschaften	363	10,48
Kunst, Musik und Sportwissenschaften	184	5,31
Humanmedizin	103	2,97
Veterinärmedizin, Agrar-, Forst- und Ernährungswissenschaften, Ökologie	32	0,92
<b>Gesamt</b>	<b>3.465</b>	<b>100</b>

QUELLE: DAAD

Von allen MINT-Studierenden unter den PROMOS-Geförderten gingen 56% in ein APRA-Land, fast alle davon für einen Aufenthalt von 1–6 Monaten. 23% machten eine Studienreise (< ein Monat) und 19% gingen für ein Praktikum in ein APRA-Land (1–6 Monate). Rund 20% der Studierenden aus MINT-Fächern gingen nach China und stellen damit die größte Gruppe dar.

TABELLE 8: Deutsche Geförderte im PROMOS-Programm in MINT-Fächern

APRA-ZIELLAND	ANZAHL	ANTEIL
China	242	19,85
Australien	200	16,41
Japan	138	11,32
Vietnam	95	7,79
Korea, Republik	84	6,89
Taiwan	81	6,64
Neuseeland	67	5,50
Singapur	64	5,25
Indien	61	5,00
Indonesien	59	4,84
Malaysia	58	4,76
Thailand	57	4,68
Philippinen	13	1,07
<b>Gesamt</b>	<b>1.219</b>	<b>100</b>

QUELLE: DAAD

Betrachtet man nur Aufenthalte von 1–6 Monaten, ist Australien das beliebteste APRA-Land mit 16% an allen Studierenden in MINT-Fächern, die in ein APRA-Land gingen – gefolgt von China mit 12,6%.

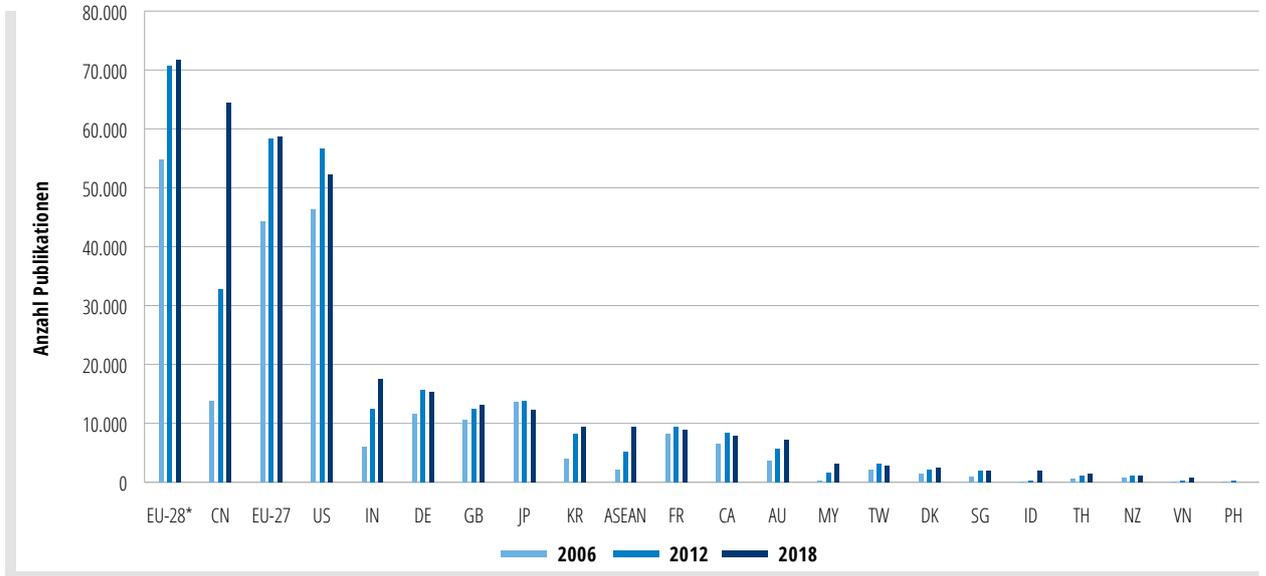
## Schwerpunkt: Bioökonomie

**Der Begriff Bioökonomie beschreibt eine Wirtschaftsform, die biologische Ressourcen und das Wissen über biologische Systeme für Verfahren, Produkte und Dienstleistungen über alle Anwendungsfelder und Wirtschaftssektoren hinweg nachhaltig zu nutzen versucht. Sie ist ein Baustein auf dem Weg der Etablierung einer postfossilen Wirtschaft, in der fossile Ressourcen durch verschiedene nachwachsende Rohstoffe ersetzt werden. Zu ihren zentralen Anwendungsfeldern zählen sowohl die Landwirtschaft als auch das produzierende Gewerbe. In der politischen Diskussion wird die Entwicklung der Bioökonomie mit gesellschaftlichen Zielen (Ernährungssicherung, Klimaschutz, nachhaltiger Konsum, Erhalt von Naturgütern) verbunden, die sich nicht zuletzt durch den Einsatz spezifischer Technologien erreichen oder befördern lassen. Zu diesen zählen unter anderem die grüne Biotechnologie, industrienaher Felder wie Bioverfahrenstechnik sowie Teilbereiche der Agrar- und Gesundheitswissenschaften. Die in diesen Bereichen stetig wachsenden wissenschaftlich-technologischen Kompetenzen der APRA-Länder stehen im Schwerpunkt der folgenden Analyse.**

Im Feld der Bioökonomie bleibt die Europäische Union mit 29,5% aller weltweiten Veröffentlichungen 2018 noch knapp der bedeutendste Wissenschaftsakteur vor China, das in den vergangenen 12 Jahren um Faktor 4,6 auf 26,5% aufgeholt hat. Bereits heute hat es damit die Europäische Union ohne Großbritannien (24,1%) und die USA (21,4%) als zweitgrößtes Einzelland klar überholt. Auf Platz drei folgt Indien (7,2%), das aufgrund deutlich höherer Zuwachsraten Deutschland deutlich abgelöst hat, dessen Anteil von 7,9% im Jahr 2006 auf 6,3% im Jahr 2018 zurückging. Im Folgenden konnte Großbritannien (5,4%) leichte Anstiege realisieren und sich damit von Japan (5,1%) absetzen, dessen Publikationen leicht zurückgingen. Auch Korea und die ASEAN-Staaten konnten ihre Aktivitäten mehr als verdoppeln bzw. vervierfachen, womit sie Frankreich, Kanada und Australien auf die Ränge neun, zehn und elf verwiesen haben. Bemerkenswert ist in diesem Gesamtbild neben der üblichen starken Rolle Chinas und Koreas insbesondere auch die prominente Positionierung Indiens und der ASEAN-Staaten, in denen in den letzten Jahren vielfach ein starkes Wachstum der Veröffentlichungen beobachtet werden kann. Dies gilt grundsätzlich vor allem für Malaysia. Im Jahr 2018 sticht zusätzlich auch Indonesien mit starken Wachstumsraten hervor.

Mit Blick auf transnationale Patentanmeldungen führen – trotz krisenbedingter Einbrüche nach 2008 – 2017 noch immer deutlich die USA (34,2%), gefolgt von der Europäischen Union (EU-28: 30,4% bzw. EU-27: 26,0%). Allerdings hat die Zahl der Patentanmeldungen in beiden Märkten den Stand von 2006 noch nicht wieder erreicht, noch immer liegt sie im Saldo ca. 5% darunter. In einigem Abstand folgen Japan mit einem Anteil von 13,4%, der seit 2012 wieder leicht ansteigt, und China mit nun 10,3%. Aufgrund des dort zu verzeichnenden dynamischen Wachstums ( $\times 4,6$ ) hat es bereits Deutschland (8,9%) von Platz drei verdrängt und erscheint gut positioniert, um bald auch mit Japan gleichzuziehen. Darüber hinaus konnte auch Korea seinen Patentoutput zwischen 2006 und 2017 auf nun 6,9% aller Anmeldungen nahezu verdreifachen und hat damit sowohl Frankreich (4,8%) als auch Großbritannien (4,4%) auf den sechsten und siebten Rang verwiesen. In den ASEAN-Staaten kam es demgegenüber nur zu vergleichsweise geringen, und absolut zu vernachlässigenden Aufwüchsen, die zum Großteil aufwachsenden Anmeldezahlen in Singapur, Taiwan und Thailand zurückzuführen sind. Auch in Vietnam sind steigende Zahlen zu verzeichnen, wenngleich auf niedrigem Niveau. In Australien und Neuseeland dagegen sind die Zahlen vor allem zwischen 2006 und 2012 rückläufig, stabilisieren sich danach jedoch wieder.

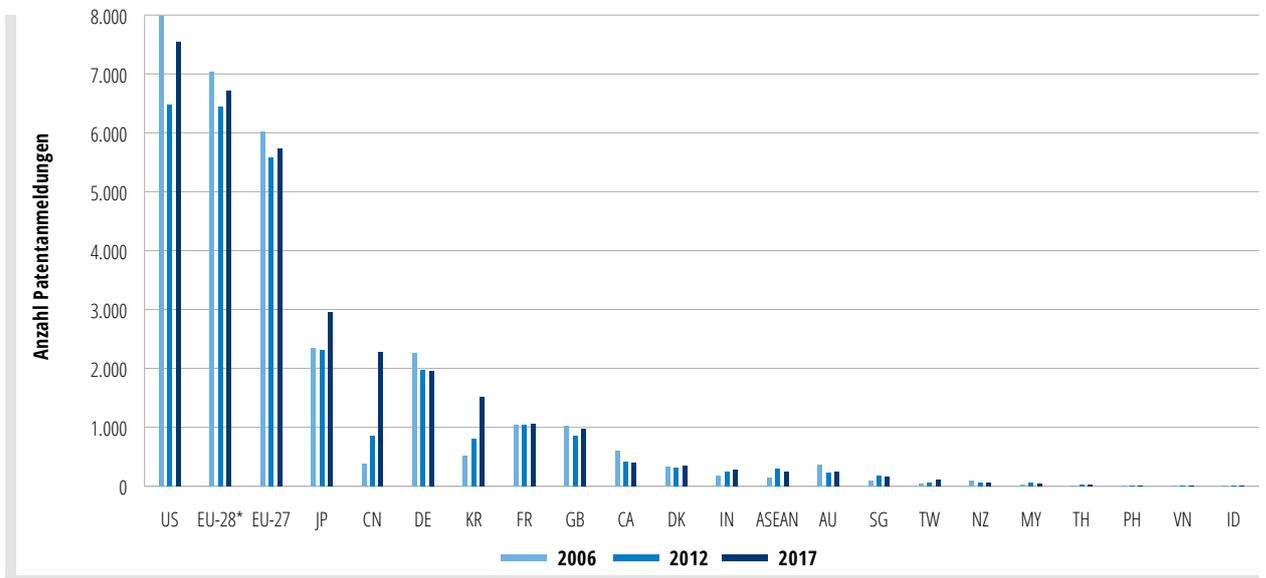
**ABBILDUNG 1: Publikationen, relevant für Bioökonomie (Scopus)**



HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien.

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG 2: Patentanmeldungen Bioökonomie (transnational)**



HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien.

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

## Forschungs- und innovationspolitische Schwerpunkte ausgewählter APRA-Länder im Bereich Bioökonomie

Die Biologisierung der Wirtschaft wird vergleichbar zur Digitalisierung als neue Chance für Wachstum und Wohlstand in den APRA-Ländern wahrgenommen. Biotechnologische Verfahren werden bereits u. a. in der Ernährungsindustrie, für die Herstellung von Biopharmazeutika, biobasierten Antriebsstoffen oder Materialien genutzt. Obwohl sich in den nationalen Strategien der APRA-Länder durchaus Bezüge zur deutschen Bioökonomie-Strategie herstellen lassen, bestehen jedoch auch erhebliche Unterschiede. Am Beispiel der u. g. APRA-Länder werden die nationalen Schwerpunkte in der Forschungs- und Innovationspolitik aufgezeigt. Zwar unterscheiden sich diese, doch ist allen APRA-Ländern die proaktive Rolle des Staates in der langfristigen Planung und Förderung der Bioökonomie gemein.

So werden beispielsweise die Begriffe „Bioökonomie“ oder „biobasierte Wirtschaft“ nicht in den Strategiedokumenten der chinesischen Regierung benutzt. Im Mittelpunkt stehen in China vielmehr die Bioindustrie mit den Schwerpunkten Gesundheitssektor (Biopharmazeutika und Biomedizin), Landwirtschaft, verarbeitende Industrie und Bioenergie<sup>5</sup>. Der Begriff „Bioindustrie“ (生物产业, shengwu chanye) findet nach Einschätzung der Autoren in chinesischen Politikdokumenten seit etwa dem Beginn der 2000er Jahre konsequente Anwendung.

In Japan wurden zwar bereits früh Elemente der Bioökonomie eingeführt, insbesondere die industrielle Nutzung von Biomasse, jedoch wurde diese nicht mit dem Label Bioökonomie versehen. Erst Mitte 2019 stellte die japanische Regierung eine eigene Bioökonomiestrategie vor, die auch die Bereiche Gesundheit und Medizin umfasst.<sup>6</sup>

In Indien wird Bioökonomie als Transfer von Erkenntnissen aus den Lebenswissenschaften auf die Bereitstellung gesellschaftlich relevanter, umweltfreundlicher und wettbewerbsfähiger Produkte verstanden.<sup>7</sup> Aktuelle Politikmaßnahmen konzentrieren sich vor allem auf die Entwicklung der Bioindustrie (siehe unten).

Das Konzept der Bioökonomie wird in Südkorea auf Bio-Wissenschaften, medizinische Biotechnologie und den Gesundheitssektor bezogen. Vor einigen Jahren bezog das Konzept auch Bioenergie, grüne Chemie und Bio-Elektronik mit ein.<sup>8</sup>

### China

#### Staatliche Ziele und Schwerpunktsetzung

Die Entwicklung der Bioökonomie, die wie einleitend beschrieben auf einem unterschiedlichen Verständnis im Vergleich zur deutschen/westlichen Definition des Begriffes basiert, fokussiert auf drei Bereiche. Dies sind die medizinische Biotechnologie, die biobasierte Landwirtschaft und biobasierte Verfahrenstechniken für traditionelle und Zukunftsindustrien. Mit Hilfe der medizinischen Biotechnologie will die chinesische Regierung die allgemeine Gesundheit und das Wohlergehen der Bevölkerung verbessern. In dem im Jahr 2016 vom Staatsrat erlassenen Planleitfaden „Gesundes China 2030“ (siehe Abbildung 3)<sup>9</sup>, der konkrete Gesundheitsziele (u. a. zur Lebenserwartung, der Säuglingssterblichkeit, Senkung von Mortalität und Erkrankungsrisiken für bestimmte Krankheiten, Ernährung, Bewegung, Zugang zu Gesundheitsdienstleistungen) enthält, nimmt die Förderung von Wissenschaft, Technologie und Innovation (WTI) im Bereich der Medizin und medizinischen Biotechnologie einen wesentlichen Stellenwert ein.

5 Bioökonomierat (2018): Bioeconomy Policy (Part III) Update Report of National Strategies around the World. A report from the German Bioeconomy Council. Abschnitt China, S. 56–61. Online: [https://bioekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/berichte/GBS\\_2018\\_Bioeconomy-Strategies-around-the-World\\_Part-III.pdf](https://bioekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/berichte/GBS_2018_Bioeconomy-Strategies-around-the-World_Part-III.pdf)

6 Japans Bioökonomie-Strategie wurde am 21.6.2019 vom japanischen Kabinett verabschiedet. Das bisher lediglich auf Japanisch veröffentlichte Strategiepapier (baio senryaku 2019) findet sich unter: <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/biosenryaku2019.pdf>; ein Überblick über die Strategie ist z. B. in der Nikkei Zeitung zu finden: [https://business.nikkei.com/atcl/gen/19/00002/061800460/?P=2&yclid=YJAD.1576392807.DDb81XWdcq0RVibztY46P9vqEUQ4L5bWzPOMqJtoO8\\_aNpUGs-yTn0Zfi3pLWcw-](https://business.nikkei.com/atcl/gen/19/00002/061800460/?P=2&yclid=YJAD.1576392807.DDb81XWdcq0RVibztY46P9vqEUQ4L5bWzPOMqJtoO8_aNpUGs-yTn0Zfi3pLWcw-).

7 Albrecht, Katja und Stefanie Ettling (2014): Bioeconomy strategies across the globe. Online: [https://www.rural21.com/fileadmin/downloads/2014/en-03/rural2014\\_03-S10-13.pdf](https://www.rural21.com/fileadmin/downloads/2014/en-03/rural2014_03-S10-13.pdf)

8 German Bioeconomy Council (2015): South Korea. S. 76–78. Online: <https://biooekonomie.de/sites/default/files/sudkorea.pdf>

9 State Council of the PRC (2016): „Jiankang zhongguo 2030“ guihua gangyao (‘‘健康中国2030’’规划纲要), Planleitfaden ‘‘Gesundes China 2030’’. Online: [http://www.gov.cn/zhengce/2016-10/25/content\\_5124174.htm](http://www.gov.cn/zhengce/2016-10/25/content_5124174.htm)

Ein zweiter Bereich ist die umfassende Modernisierung der Landwirtschaft. Durch Entwicklung und Verbreitung von hochleistungsfähigen Maschinen und Innovationen in der landwirtschaftlichen Biotechnologie soll die Produktivität von Pflanzen und Tieren erhöht werden. Der dritte Bereich sind neue biobasierte Verfahrenstechnologien, die eine Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit in traditionellen Industrien und die Erschließung von Zukunftsbranchen ermöglichen sollen. Diese staatlichen Vorgaben standen bereits im Fokus des Mittel- und Langfristigen Plans zur Entwicklung von Wissenschaft und Technologie für die Jahre 2006–20 (MLP 2006–20)<sup>10</sup>; der Nach-

folgeplan für die Jahre 2021–35 befindet sich in Vorbereitung. Die o.g. Ziele finden sich ebenfalls in neueren Strategien wie in der „Nationalen Strategie für die innovationsgetriebene Entwicklung“<sup>11</sup> aus dem Jahr 2016 wieder. Diese benennt konkrete Ziele für die Jahre 2020, 2030 und 2050, um die für die Entfaltung der Bioökonomie relevanten strategischen Industrien voranzubringen. In die gleiche Richtung zielt die im Jahre 2015 vorgestellte Strategie „Made in China 2025“<sup>12</sup>, die auf verbesserte Fähigkeiten in der Industriefertigung abstellt und dabei ein besonderes Augenmerk auf die Bereiche Biomedizin und Medizin-geräte legt.

**ABBILDUNG 3: Chinas Strategien und Pläne für die Bioökonomie/Bioindustrie**



HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien.

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

Einzelne Bereiche der chinesischen Bioökonomie/Bioindustrie, insbesondere die medizinische und landwirtschaftliche Biotechnologie sowie die Bioverfahrenstechnik, wurden seit der Einführung des Nationalen Programms zur Entwicklung von Hochtechnologie (863 Programm) im Jahr 1986 von der

chinesischen Regierung als Mittel zum wirtschaftlichen Aufstieg des Landes aktiv begleitet. Ausgehend vom derzeitigen 13. Fünfjahresplan (FJP) zur nationalen wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung für den Zeitraum 2016–20<sup>13</sup>, der längerfristige Strategien aufgreift und an neuere techno-ökonomische

<sup>10</sup> State Council of the PRC (2006): Guojia zhongchangqi kexue he jishu fazhan guihua gangyao (国家中长期科学和技术发展规划纲要 (2006–2020年)), Mittel- und Langfristiger Plan zur Entwicklung von Wissenschaft und Technologie für die Jahre 2006–20. Online: [http://www.gov.cn/jrzq/2006-02/09/content\\_183787.htm](http://www.gov.cn/jrzq/2006-02/09/content_183787.htm)

<sup>11</sup> State Council of the PRC (2016): Guojia chuangxin qudong fazhan zhanlue gangyao (国家创新驱动发展战略纲要), Nationale Strategie für die innovationsgetriebene Entwicklung. Online: [http://www.xinhuanet.com/politics/2016-05/19/c\\_1118898033.htm](http://www.xinhuanet.com/politics/2016-05/19/c_1118898033.htm)

<sup>12</sup> State Council of the PRC (2016): Zhongguo zhizao 2025 (中国制造2025), Made in China 2025. Online: [http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content\\_9784.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content_9784.htm)

<sup>13</sup> State Council of the PRC (2016): Zhonghua renmin gongheguo guomin jingji he shehui fazhan di shisan ge wunian guihua gangyao (中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要), Grundriss des 13. Fünfjahresplan zur nationalen wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung der VR China. Online: [http://www.xinhuanet.com/politics/2016lh/2016-03/17/c\\_1118366322.htm](http://www.xinhuanet.com/politics/2016lh/2016-03/17/c_1118366322.htm)

und sozio-politische Veränderungen anpasst, geben Teilpläne eine detailliertere Auskunft über die vorrangigen staatlichen Aufgaben und Ziele. Dies betrifft beispielsweise die Förderung von strategischen Technologien und Industrien. Neben den vom Staatsrat erlassenen Plänen stellen Ministerien und Kommissionen, allen voran das Ministry of Science and Technology (MOST) und die National Development and Reform Commission (NDRC) sowie Lokalregierungen mit Kompetenzen in den relevanten Sektoren, eigene Pläne auf, die teilweise eigene Schwerpunktsetzungen hinzufügen.

Auf der Staatsratsebene sind zwei Teilpläne von besonderer Bedeutung für die Entwicklung der Bioindustrie. Dies sind der 13. Nationale FJP für Wissenschaft, Technologie und Innovation (hiernach WTI-Plan)<sup>14</sup>, der die Bioindustrie als wichtigste Industrie des 21. Jahrhunderts bezeichnet, sowie der 13. Nationale FJP für die Entwicklung strategischer aufstrebender Industrien (hiernach SAI-Plan)<sup>15</sup>. Im SAI-Plan wird die Bioindustrie als eine von fünf Industriesektoren aufgeführt und es werden Aufgabenbereiche für die Entwicklung während der 13. FJP-Periode definiert. Diese Schwerpunkte sind von der NDRC in ihrem an den SAI-Plan anschließenden 13. FJP für die Entwicklung der Bioindustrie (hiernach FJP NDRC-Plan)<sup>16</sup> weiter präzisiert worden (siehe Tabelle 9). Zu den Schwerpunktbereichen gehört die Errichtung eines Systems zur beschleunigten Kommerzialisierung neuer Therapien (z. B. RNA-Interferenz oder CAR-T-Zell-Therapien), zur stärkeren Nutzung der Präzisionsmedizin und der Förderung der einheimischen biopharmazeutischen Industrie beim Upgrading ihrer Produkte auf international bestehende Standards. Ein zweiter Punkt ist die Erhöhung des Entwicklungsniveaus der biomedizinischen Verfahrenstechnik, beispielsweise im Bereich der Implantatprodukte oder klinischer medizinischer Geräte. In der Landwirtschaft stehen die entstehenden Chancen für eigenständige Innovationen durch neue Technologien wie Genom-Editierung und Zelltechnik im Mittelpunkt.

Ein vierter Punkt ist die Förderung industrieller Biotechnologien, aufbauend auf neuen Technologien und Verfahren wie molekulare Maschinen, Nanobiotechnologie oder bionische Fertigungstechniken. Industrielle Biotechnologien sollen bei der Herstellung biobasierter Produkte und bei Bioenergie und -kraftstoffen Anwendung finden. Über den SAI-Plan des Staatsrats hinausgehend definierte die NDRC die Förderung von biologischen Umwelttechnologien zu einem sechsten Bereich. Hier stehen innovative Technologien zur Behandlung von Wasserverunreinigungen, der Wiederherstellung kontaminierten Erdreichs und des Abbaus flüchtiger organischer Substanzen im Vordergrund. Darüber hinaus werden Dienstleistungen als ein weiteres Schwerpunktthema aufgeführt. Dazu gehören neue Diagnose- und Behandlungsdienstleistungen in Verbindung mit der Präzisionsmedizin, Collaborative-Care-Dienstleistungen unter Nutzung von digitalen Verfahren wie Telemedizin und mobiler Gesundheit (mHealth) und Smart-Healthcare-Dienstleistungen unter Nutzung intelligenter Systeme zur Diagnose, Behandlung und klinischer Entscheidungsunterstützung.

Neben dem SAI-Plan ist der WTI-Plan eine wichtige komplementäre Quelle für die Ausrichtung der chinesischen Politik im Bereich der Bioökonomie, die die fokalen Technologiebereiche mit dem erstgenannten Plan teilt. Der WTI-Plan folgt weitgehend der Dreiteilung des MLP 2006–20 bezüglich der Strukturierung der Forschungsgebiete.

Im MLP 2006–20 werden elf prioritäre, für die soziale Entwicklung relevante Bereiche benannt, darunter die Landwirtschaft sowie das Thema „Population und Gesundheit“. Die Landwirtschaft wird im Plan als der W&T-Sektor bezeichnet, in dem China eine weltweit führende Rolle einnehmen kann. Zweitens wurden acht strategische Technologiesektoren aufgeführt, darunter die Biotechnologie, die zuerst als Sektor aufgeführt. Der WTI-Plan übernimmt weitgehend die Technologiesektoren aus dem MLP und fügt weitere Themengebiete hinzu.

<sup>14</sup> State Council of the PRC (2016): „Shisan wu“ guojia keji chuangxin gui Hua („十三五“国家科技创新规划), „13. Fünfjahresplan für Wissenschaft, Technologie und Innovation. Online: [http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-08/08/content\\_5098072.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-08/08/content_5098072.htm)

<sup>15</sup> State Council of the PRC (2016): „Shisan wu“ guojia zhanlüexing xinxing chanye fazhan gui Hua („十三五“国家战略性新兴产业发展规划), „13. Fünfjahresplan“ für die Entwicklung strategischer aufstrebender Industrien. Online: [http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/19/content\\_5150090.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/19/content_5150090.htm)

<sup>16</sup> NDRC (2016): „Shisan wu“ shengwu chanye fazhan gui Hua („十三五“生物产业发展规划), „13. Fünfjahresplan“ für die Entwicklung der Bioindustrie. Online: [https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/201701/t20170112\\_962220.html](https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/201701/t20170112_962220.html)

TABELLE 9: Schwerpunkte der Entwicklung der chinesischen Bioindustrie (2016–20)

SCHWERPUNKTE	TEILBEREICHE	ANMERKUNGEN
Errichtung eines neuen Systems für Biopharmazeutika	Beschleunigung der Innovation und Kommerzialisierung neuer Medikamente	Beschleunigung der Innovation von neuartigen Antikörpern, Proteinen und Polypeptiden; Entwicklung von therapeutischen Impfstoffen, RNA-Therapien (z. B. RNA-Interferenz) und CAR-T-Zell-Therapien; Beförderung der Immunkonjugation, Proteinreinigung, gesteuerte und verlangsamte Arzneimittelfreisetzung und gezielte Krebstherapie
	Beschleunigte Entwicklung der Präzisionsmedizin	Entwicklung und Nutzung von Gentests, Big Data, neue diagnostische Verfahren etc.
	Förderung der Transformation und des Upgrading der pharmazeutischen Industrie	Ausrichtung auf Qualitätsverbesserungen: Upgrading von mAbs; langwirkende Proteine und Insulin der dritten Generation; Upgrading der Produktionsmaschinen und -prozesse
Erhöhung des Entwicklungsniveaus der biomedizinischen Verfahrenstechnik	Errichtung eines Ökosystems für intelligente Diagnose und Behandlung	Schwerpunktmäßige Entwicklung einer umfassenden Dienstleistungsplattform für intelligente medizinische Geräte, Software, komplementäre Reagenzien und Telemedizin
	Erhöhung des Marktanteils hochwertiger Geräte	Fokus auf klinische medizinische Geräte
	Förderung der innovativen Entwicklung von Implantatprodukten	Integration von Biotechnologie und Materialtechnik, Bioprinter, regenerative Medizin etc.
	Schnelle, genaue und praktische Testmethoden	
Beschleunigung der Entwicklung der landwirtschaftlichen Biotechbranche	Aufbau eines Systems für eigenständige Innovationen in der Zuchtindustrie	Innovation und Anwendung von grundlegenden Technologien in den Feldern Genom-Editierung, genomische Selektion, Zelltechnik, Mutationszüchtung und Nutzung von Bioverfahrenstechnik im Weltall; Kommerzialisierung gentechnisch modifizierter biologischer Produkte
	Förderung der grünen Transformation der landwirtschaftlichen Produktion	Biologischer Pflanzenschutz („Grüne Pestizide“) und Tierarzneimittel; grüne, sichere und produktive meeresbiologische funktionale Produkte
	Entwicklung neuer Tier- und Pflanzennahrungsprodukte	Biologische Tiernahrung, die Antibiotika ersetzen kann; biologische Düngemittel
Förderung der umfassenden Anwendung biologischer Produktion	Beschleunigung der Errichtung eines Innovationssystems für die Bioverfahrenstechnikindustrie	Innovation und Anwendungen in den Feldern Künstliches Leben, molekulare Maschinen, Nanobiotechnologie, Genom-Editierung, Molekülerkennung und Biosensoren und bionische Fertigungstechnik
	Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit biobasierter Produkte	Als Beispiele werden biobasierter Polyester, biobasierte Polyurethane, biologischer Nylon, biologischer Kautschuk, mikrobiologische Polysaccharide, meeresbiologische Materialien genannt
	Förderung der „Vergrünung“ der Bioverfahrenstechnik	
	Innovative Bioenergieentwicklungsmodelle	Ersatz kohlebasierter Wärmeerzeugung durch Biomasse; Förderung der Herstellung von Biokraftstoffen aus Biomasse für die Landwirtschaft; Förderung der Produktion von biologischen Flüssigtreibstoffen
Förderung von biologischen Umwelttechniken	Innovative Biotechnologien zur Behandlung von Wasserverschmutzung	
	Entwicklung neuer Technologien zur biologischen Wiederherstellung von kontaminierten Erdreich	
	Biologischer Abbau von flüchtigen organischen Substanzen	
	Entwicklung neuer Techniken zur Messung von Umweltverschmutzung	
Errichtung neuer Plattformen für Biodienstleistungen		

QUELLE: NDRC-Plan

Für die Biowissenschaften und Biotechnologie gliedert der vom MOST auf Basis des WTI-Plans vorgelegte 13. FJP zur Technologie und Innovation für die soziale Entwicklung (hiernach MOST-Plan)<sup>17</sup> den Themenbereich in acht Schwerpunktthemen. Durch die enge Verzahnung zwischen W&T-Politik und Industriepolitik, wie sie sich aus den langfristigen Strategien wie dem MLP und den allgemeinen Fünfjahrplänen ergibt, überlappen sich die strategischen Themengebiete im MOST-Plan und NDRC-Plan in hohem Maße, obwohl eine Koordination zwischen den ausführenden Ministerien und Kommissionen bei der Planerstellung nicht notwendigerweise gegeben ist. Die Überlappung hat in der Vergangenheit zu einer hohen Duplikation von Fördermaßnahmen geführt, der in den letzten Jahren mit einer Restrukturierung des Forschungsförderungssystems begegnet worden ist (siehe 1. APRA-Bericht).

Dem MOST-Plan zufolge liegt der Fokus in den Biowissenschaften und der Biotechnologie auf Pionier- und Querschnittstechnologien (z. B. neue Gentechnik, Big Data in den Lebenswissenschaften, Bioprinter, Gehirnforschung und künstliche Intelligenz)

- neue Biopharmazeutika (präventive und therapeutische Impfstoffe, neue Antikörper wie Hybrid-Antikörper und Antikörper-Wirkstoff-Konjugate, Gentherapien, Zelltherapien, Stammzellen und regenerative Medizin)
- biomedizinische Materialien (z. B. zur Ersetzung von Gewebe oder funktionellen Wiederherstellung)
- grüne Bioproduktionstechnologien (z. B. neue Bioenergie)
- Technologien zur Nutzung von biologischen Ressourcen
- Technologien zur Gewährleistung der Biosicherheit
- Biowissenschaftliche Geräte (z. B. Sequenziergeräte, neue Massenspektrometer, Live Cell Imaging Technologien für die Zellbiologie und Durchflusszytometer)

- Züchtungstechnologien der neuen Generation (basierend auf Methoden wie Agrargenomik)

Ebenso wie der MLP 2006–20 enthält auch der WTI-Plan eine Selektion von prioritären Themen der Grundlagenforschung. Ausgehend vom MLP benennt der WTI-Plan insgesamt 22 Kernfragen, von denen neun als missionsorientierte Grundlagenforschung eingestuft und 13 Kernfragen, die unter strategische Pionierforschung subsumiert werden. Für die Bioökonomie besonders relevant sind agrarbiologische Kernfragen zur genetischen Modifikation und nachhaltigen Entwicklung sowie zu Kernfragen der Immunbiologie als Bestandteile der missionsorientierten Grundlagenforschung. Unter strategischer Pionierforschung laufen mindestens fünf bioökonomie-relevante Themenfelder: Proteinmaschinen und Kontrolle von Lebensprozessen; Stammzellen und ihre Umwandlung; Synthetische Biologie; Genom-Editierung (z. B. CRISPR-Cas9); und Nanotechnologie (inkl. Bionanotechnologie). Insbesondere den letzten Feldern wird ein großes Potenzial für wirtschaftliche Aufholprozesse und innovationsgetriebenes Wachstum beigemessen. So enthält der SAI-Plan ebenfalls einen Abschnitt zu strategischen Sektoren für die Entwicklung zukünftiger Stärken. Als eine von vier strategischen Sektoren (neben Luft-, Raumfahrt und Tiefsee, Informationsnetzwerke und nukleare Technologien) betont der Plan die Chancen im Bereich der Biotechnologie, die sich aus regenerativer Medizin, Genom-Editierung und Synthetischer Biologie ergeben.

#### Staatliche Programme und Akteure

China hat seit Mitte der 1980er Jahre ein umfassendes Forschungsförderungssystem aufgebaut, das von Beginn an einen besonderen Fokus auf die Entwicklung der Biotechnologie gelegt hat. Da die Biotechnologien und Lebenswissenschaften auch aus Sicht des Bioökonomierats<sup>18</sup> eine Schlüsselrolle in der Bioökonomie spielen und China diesen Bereichen einen hohen Stellenwert in der Forschung einräumt, wird darauf im Folgenden näher eingegangen. Mit den im Jahr 2015 initiierten Reformen (siehe 1. APRA-Bericht)

17 MOST (2016): "Shisan wu" guojia shehui fazhan keji chuangxin gui Hua ("十三五"国家社会发展科技创新规划), „13. Fünfjahresplan“ zur Technologie und Innovation für die soziale Entwicklung. Online: [http://www.most.gov.cn/mostinfo/xinxifenlei/fgzc/gfxwj/gfxwj2016/201703/t20170315\\_131996.htm](http://www.most.gov.cn/mostinfo/xinxifenlei/fgzc/gfxwj/gfxwj2016/201703/t20170315_131996.htm)

18 Bioökonomierat (o. J.): <https://biooekonomierat.de/biooekonomie/index.html> In der Diskussion der Frage, was unter Bioökonomie zu verstehen ist, weist der Bioökonomierat auf die Schlüsselrolle der Biotechnologien und Lebenswissenschaften in der Bioökonomie hin.

wurden die bestehenden Programme zur Förderung von Biotechnologie und Lebenswissenschaften neu strukturiert und zusammengefasst. Im derzeitigen System sind vier Förderungsprogramme unmittelbar relevant für die strategische Forschung in Gebieten wie der Bioökonomie/Bioindustrie: die Förderung der National Natural Science Foundation of China (NSFC), die (ingenieurwissenschaftlichen) Megaprojekte, das Nationale Schlüsselprogramm für FuE und das Programm zum Aufbau von Forschungs- und Innovationsplattformen und Humankapital. Die NSFC ist in dem System insbesondere verantwortlich für die Grundlagenforschung. Hierzu unterhält sie verschiedene Förderlinien, die disziplinäre Spitzenforschung und transdisziplinäre Forschung unterstützen sollen. In der Förderung der NSFC spielen die Lebens- und Gesundheitswissenschaften eine wichtige Rolle. Die Tabelle 10: Für die Bioökonomie relevante NSFC-Förderung der Lebens- und Gesundheitswissenschaften

(2015–18) zeigt die Anzahl der geförderten Projekte und die Förderungshöhe für die drei umfangreichsten Förderlinien. Im Jahr 2018 hatten die Lebenswissenschaften beispielsweise einen Anteil von jeweils etwa 16% an der Projektanzahl und Gesamtförderungssumme sowohl im allgemeinen Programm, das Wissenschaftler bei der Durchführung unabhängig gewählter Forschungsvorhaben unterstützt, und dem Schlüsselprogramm, das die Realisierung von Forschungsdurchbrüchen und Forschung an der Spitze existierender Forschungsrichtungen fördert. Die Gesundheitswissenschaften kamen im selben Jahr im allgemeinen Programm sogar auf einen Anteil von über 22%. Abgesehen von der direkten Finanzierung profitieren die Projekte zusätzlich durch indirekte Förderungsmechanismen, die den lebens- und gesundheitswissenschaftlichen Projekten im allgemeinen Programm noch einmal etwa 20% der direkten Förderung einbrachten.

**TABELLE 10: Für die Bioökonomie relevante NSFC-Förderung der Lebens- und Gesundheitswissenschaften (2015–18)**

	ANZAHL PROJEKTE				HÖHE DER DIREKTEN FÖRDERUNG (MIO. EURO)			
	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018
<b>Lebenswissenschaften</b>								
<b>General Program Projects</b>	2665	2700	2902	3048	236,10	221,69	222,87	227,29
<b>Key Program Projects</b>	95	96	112	113	37,79	35,77	43,91	41,37
<b>Young Scientists Fund</b>	2214	2208	2395	2350	63,54	60,08	75,32	74,59
<b>Gesundheitswissenschaften</b>								
<b>General Program Projects</b>	4102	4102	4455	4515	331,18	312,95	317,39	322,90
<b>Key Program Projects</b>	102	107	112	120	39,95	39,99	42,93	45,17
<b>Young Scientists Fund</b>	3680	3720	4200	4222	94,66	88,01	110,12	113,57

Quelle: NSFC Annual Reports (2015–18), [http://www.nsf.gov.cn/english/site\\_1/report/C1/2018/10-18/130.html](http://www.nsf.gov.cn/english/site_1/report/C1/2018/10-18/130.html)

Stärker missionsorientiert ist das Nationale Schlüsselprogramm für FuE (Tabelle 11). Dabei handelt es sich um ein erst infolge der Restrukturierung nach 2014 initiiertes Programm, das eine Reihe wichtiger früherer Förderprogramme integriert. Darunter fallen das 973-Programm, das der Förderung der missionsorientierten Grundlagenforschung diene, das 863-Programm, mit dem die Hochtechnologieforschung gefördert wurde, und das Nationale FuE-Programm

zur Förderung der Aneignung von Kompetenzen in Schlüsseltechnologien. Das nun bestehende Nationale Schlüsselprogramm für FuE ist noch deutlicher fokussiert auf die Förderung von nationalen Technologiezielen. Aufgrund der Neuheit des Programms liegen noch keine Zeitreihen zur Finanzierung vor. Laut Daten des Nationalen Statistikbüros lagen die staatlichen Zuwendungen für das Programm im Jahr 2016 bei 10,35 Mrd. RMB (ca. 1,41 Mrd. Euro).<sup>19</sup>

<sup>19</sup> National Bureau of Statistics (2018): 2018 China Statistical Yearbook on Science and Technology, Beijing: China Statistics Press.

TABELLE 11: Für die Bioökonomie/Bioindustrie relevante Nationale Schlüsselprojekte für FuE

BEREICH	ZEITRAUM
<b>Moderne Landwirtschaft</b>	
Züchtung sieben wichtiger landwirtschaftlicher Nutzpflanzen (Reis, Mais, Weizen, Soya, Baumwolle, Raps und Gemüse)	2015–20
Umfassende FuE zur Einsparung und Effizienzsteigerung von chemischen Düngern und Pestiziden	2015–20
Technische Innovationen zur Steigerung der Nahrungsmittelproduktion	2015–20
FuE zu technologischen Lösungen für die umfassende Prävention und Entfernung von diffusen und Schwermetallkontaminationen von landwirtschaftlich genutzten Böden	2015–20
Intelligente landwirtschaftliche Maschinen und Anlagen	2015–20
Umfassende FuE für Technologien zur Prävention und Kontrolle von Tierkrankheiten und zur sicheren und effektiven Tierzucht	2015–20
Technologien und Maschinen für die Lebensmittelverarbeitung und –logistik	2015–20
Technische Innovationen zur Aufzucht und Nutzung von Forstressourcen	2015–20
Technische Innovationen zur Bewirtschaftung von (eiweißreichen) Meerestieren und -organismen („Blaue Getreidekammer“)	2018–23
Qualitäts- und Effizienzsteigerungen in der Produktion von Cash Crops	2018–23
Technische Innovationen für die Realisierung grüner, lebenswerter Dörfer und Gemeinden	2018–23
<b>Bevölkerung und Gesundheit</b>	
FuE zu digitalen Diagnose- und Behandlungsgeräten	2015–20
Forschung zur Prävention und Kontrolle bedeutender nichtübertragbarer Krankheiten	2015–20
Forschung im Bereich Präzisionsmedizin	2015–20
Forschung zur reproduktiven Gesundheit und der Prävention und Kontrolle von Geburtsfehlern	2015–20
FuE zu Schlüsseltechnologien der Biosicherheit	2015–20
FuE zu biomedizinischen Materialien und zur Reparatur und Transplantation von Gewebe und Organen	2015–20
Forschung zur Modernisierung der traditionellen chinesischen Medizin	2017–22
FuE zu Schlüsseltechnologien der Lebensmittelsicherheit	2017–22
Entwicklung von Technologien zur mobilen Gesundheit (m-Health) und E-Health	/
<b>Strategische und zukunftsorientierte Forschungsfragen</b>	
Forschung zu Stammzellen und ihrer Umwandlung	2015–20
Regulierung und Kontrolle von Proteinmaschinen und Lebensprozessen	2015–20
Nanotechnologie (inkl. Nanobiomedizin)	2015–22
Wissenschaftliche Schlüsselfragen zu disruptiven Technologien (inkl. biologischen Technologien)	2017–22
Developmental Programming und Metabolische Regulierung	2018–23
Synthetische Biologie	2018–23

QUELLE: Siehe Fußnote 14 und MOST (2017): Durchführungsstand des nationalen Schlüsselprogramms für FuE im Jahr 2017.

Das Nationale Schlüsselprogramm ist anders aufgebaut als seine Vorgängerprogramme. Es setzt sich zusammen aus insgesamt 65 ausgewählten Schlüsselprojekten aus sieben Bereichen. Zu ihnen gehören die moderne Landwirtschaft mit elf Schlüsselprojekten, der Bereich Bevölkerung und Gesundheit mit neun Projekten und der Bereich „strategische und zukunftsorientierte Forschungsprobleme“ mit neun Projekten. Die Tabelle 11: Für die Bioökonomie/Bioindustrie relevante Nationale Schlüsselprojekte für FuE2 nennt die Schlüsselprojekte und die relevanten Zeiträume für die genannten Bereiche. Mit der Bearbeitung der Projekte ist nach und nach begonnen worden. Dabei sind alle Projekte auf einen Zeitraum von fünf Jahren ausgelegt. In 2020 laufen somit die ersten 42 Projekte aus und werden aller Erwartung nach in neuer Form ersetzt. Prinzipiell bildet das Programm die Ziele der oben

erwähnten Pläne weitgehend ab. Trotz der genannten Anfangszeiträume sind die einzelnen Projektbereiche deshalb auch nicht grundlegend neu. Bei den strategischen und zukunftsorientierten Forschungsfragen handelt es sich um eine Fortentwicklung des Megaprogramms für wissenschaftliche Pionierforschung aus dem MLP 2006–20, das von ursprünglich vier Themengebiete auf sechs angewachsen war. Die Zahlen des Nationalen Statistikbüros in Tabelle 12: Förderung durch das National Major Scientific Research Program of China (in Mio. Euro) geben einen ersten Überblick über die Höhe der Zuwendungen für diese Themenfelder. Jeder Themenbereich ist in Teilgebiete unterteilt. Im Sinne der Kontinuität dürften vor allem die den Bereichen zugehörigen Teilgebiete nach Auslaufen der Förderung geändert werden, während die grundlegenden Themenbereiche bestehen bleiben.<sup>20</sup>

**TABELLE 12: Förderung durch das National Major Scientific Research Program of China (in Mio. Euro)**

Forschungsthemenbereich	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Proteinstudien	17,91	31,87	30,11	27,74	32,59	45,17	35,63
Studien zu Wachstum und Reproduktion	23,11	30,70	25,56	21,40	22,05	34,18	22,14
Stammzellstudien	13,70	5,49	11,57	14,36	17,35	28,61	20,93
Studien zur Nanotechnologie (inkl. Bionanotechnologie)	38,89	47,08	43,06	43,59	43,93	61,64	38,96
Studien zur Quantenkontrolle	17,70	24,12	23,07	23,38	23,14	38,65	21,62
Studien zum Globalen Wandel	31,59	17,21	29,71	19,83	26,48	30,16	30,25
<b>Gesamt</b>	<b>142,89</b>	<b>156,47</b>	<b>163,08</b>	<b>150,30</b>	<b>165,55</b>	<b>238,42</b>	<b>169,54</b>

Quelle: National Bureau of Statistics (2018) 2018 China Statistical Yearbook on Science and Technology, Beijing: China Statistics Press

Neben den Projekten des Schlüsselprogramms sind die Megaprojekte eine wichtige anwendungsorientierte innovationspolitische Komponente. Im MLP 2006–20 wurden 16 Megaprojekte bestimmt, darunter drei die Bioökonomie betreffende Projekte. Für den im kommenden Jahr auslaufenden MLP wurden im 13. Fünfjahresplan 15 neue Megaprojekte benannt, die zunächst bis 2030 laufen und in dem anstehenden MLP 2021–35 aller Erwartung nach weiter konkretisiert und ergänzt werden. Die drei derzeit laufenden

Megaprojekte behandeln einerseits die Entwicklung neuer Medikamente für nichtübertragbare und für Infektionskrankheiten, wobei biopharmazeutische Produkte wie Impfstoffe, Antikörpertherapien, und rekombinante Proteine eine wichtige Komponente bilden. Andererseits besteht ein wichtiger Fokus auf der Züchtung neuer Sorten gentechnisch veränderter Organismen, einschließlich Bt-Baumwolle, Bt-Mais und Bt-Soja. Mit den im WTI-Plan (2016–20) vorsorglich ausgewählten neuen Megaprojekten folgt

<sup>20</sup> Jedes der Projekte ist in verschiedene Teilprojekte unterteilt. Das Projekt „Regulierung und Kontrolle von Proteinmaschinen und Lebensprozesse“ ist z. B. in acht Bereiche unterteilt: Zellzyklus, Zellenergie und Metabolismus, Genduplikation und Transkription, Epigenetik, Proteinsynthese und Qualitätskontrolle, Entstehung und Entwicklung bedeutender Krankheiten, Physiologie von Infektion und Immunität, mit pathologischen Prozessen in Verbindung stehende Proteinmaschinen.

eine leichte Schwerpunktänderung im Gesundheitsbereich. Neben der Durchführung von Projekten zu nichtübertragbaren und anderen häufig vorkommenden Krankheiten tritt die Gehirnforschung in den Vordergrund. Im landwirtschaftlichen Bereich kommt der Ausnutzung bestehender Stärken in Hybridzüchtung und in der molekularen Züchtung in Hinblick auf die Stärkung der heimischen Zuchtindustrie eine größere Bedeutung zu.

Einer der wesentlichen Ansätze chinesischer Innovationspolitik ist die Einrichtung von Plattformen zur Sammlung und Koordination von Wissens- und Kapitalbeständen, die für die Realisierung der konkreten Ziele (Forschungsdurchbrüche, Innovationen) benötigt werden. Der MOST-Plan stellt den Ausbau und die Stärkung von Forschungsplattformen als zentrale Aufgabe zur Realisierung der WTI-Ziele heraus. Hierzu gehören Nationale klinische Forschungszentren, Nationale Schwerpunktlabore, Nationale Zentren für technologische Innovation und Nationale ingenieurwissenschaftliche Forschungszentren. Über die 32 Nationalen klinischen Forschungszentren hinaus, die durch ihren Fokus auf bestimmte Krankheitskategorien Schnittstellen mit der Bioökonomie aufweisen, sind vor allem die Schwerpunktlabore und ingenieurwissenschaftlichen Forschungszentren relevant. Die Labore und Zentren existieren in großer Anzahl, da sie nicht nur vom MOST, sondern auch von anderen relevanten Ministerien und lokalen Regierungen errichtet werden. Wie aus dem NDRC-Plan hervorgeht, setzt die NDRC bei der Errichtung von Plattformen einen anderen Fokus, indem sie sich auf Plattformen zur Sammlung, Aufbereitung und Bereitstellung von Informationen, Ressourcen und Untersuchungsproben konzentriert. Hierzu zählt u. a. der Aufbau von Gen- und Proteindatenbanken.

Den letzten offiziellen Zahlen zufolge fördert die chinesische Regierung auf nationaler Ebene 254 (akade-

mische) staatliche Schwerpunktlabore, von denen 74 den Fokus auf Biologie oder Medizin legen.<sup>21</sup> Etwa 80% aller nationalen Labore sind in (den dem Bildungsministerium (MOE) unterstellten) Universitäten oder in Instituten der Chinesischen Akademie der Wissenschaften (CAS) untergebracht. Zusätzlich haben MOE und CAS eigene Schwerpunktlaborprogramme aufgelegt. Von den 450 MOE-Schwerpunktlaboren konzentrieren sich 155 auf die Lebenswissenschaften (2018).<sup>22</sup> Bei den Schwerpunktlaboren der CAS beschäftigen sich 47 der 216 Labore (2018) mit lebenswissenschaftlichen Fragestellungen.<sup>23</sup> Im Bereich Bioökonomie/Bioindustrie sind zudem die Aktivitäten des Landwirtschaftsministeriums (MOA) relevant, das ebenfalls Schwerpunktlabore unterhält. Mit dem Entwicklungsplan für MOA-Schwerpunktlabore (2010–15) wurden 33 allgemeine Labore und 193 spezialisierte bzw. regionale Labore (sowie 251 weitere agrarwissenschaftliche Beobachtungsstationen) in 30 Fachgruppen aufgeteilt, die Forschung zu Themen wie der Agrar genomik bearbeiten.<sup>24</sup>

Anhand der Schwerpunktlabore lassen sich die institutionellen Anbindungen der von den chinesischen Forschungsförderern als qualifiziert betrachteten Forschergruppen identifizieren. In Bezug auf die Bioökonomie/Bioindustrie sind das zum einen Universitäten mit einer durch das Doppel-Exzellenz-Programm<sup>25</sup> ausgewiesenen Spitzenforschung in Biologie und/oder Agrarwissenschaften. Dazu gehören insbesondere die Peking University und die Tsinghua University als allgemeine sowie die China Agricultural University und Huazhong Agricultural University als Agraruniversitäten, aber auch weniger sichtbare Universitäten wie die Jiangnan University mit ihrem lebensmittelwissenschaftlichen Schwerpunkt. Außerdem betreiben viele CAS-Institute wichtige Schwerpunktlabore. Die überwiegende Mehrheit befindet sich in Beijing (z.B. Beijing Institute of Genomics, Institute of Zoology und Institute of Biophysics) oder

- 21 MOST (2016): Guojia zhongdian yanfa jihua zongti qingkuang yu 2016 niandu shishi qingkuang (国家重点研发计划总体情况与2016年度实施情况), Gesamtsituation des Nationalen Schlüsselprogramms für FuE und der Durchführungsstand im Jahr 2016. Online: <http://www.most.gov.cn/mostinfo/xinxifenlei/zfwzndbb/201808/P020180830588464682275.pdf>
- 22 MOE (2018): Jiaoyubu zhongdian shiyanshi (教育部重点实验室), Vom Bildungsministerium geförderte Schwerpunktlabore. Online: <https://www.sciping.com/23792.html>
- 23 CAS (2013): Yuan zhongdian shiyanshi (院重点实验室), Von der CAS geförderte Schwerpunktlabore. Online: [http://www.cas.cn/kxyj/cx/201311/t20131119\\_3980864.shtml](http://www.cas.cn/kxyj/cx/201311/t20131119_3980864.shtml)
- 24 MOA (2011): Nongyebu zhongdian shiyanshi (农业部重点实验室), Vom Landwirtschaftsministerium geförderte Schwerpunktlabore. Online: [http://www.moa.gov.cn/nybgb/2011/dbaq/201805/t20180522\\_6142784.htm](http://www.moa.gov.cn/nybgb/2011/dbaq/201805/t20180522_6142784.htm)
- 25 MOA, MOF, NDRC (2017): "Shuangyiliu" jianshe gaoxiao he xueke ("双一流"建设高校和学科), Universitäten und Disziplinen des „Doppel-Exzellenz“-Programms. Online: <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2017/9/389096.shtml>. Siehe 1. APRA-Bericht.

Shanghai (z.B. Shanghai Institutes for Biological Sciences und Institute of Genetics and Developmental Biology). Neben der CAS existieren gerade in den Lebenswissenschaften weitere Akademien mit relevanten Instituten und Schwerpunktlaboren: die Chinese Academy of Medical Sciences (CAMS) mit dem ihr angebotenen Peking Union Medical College, die Academy of Military Medical Sciences (AMMS) und die Chinese Academy of Agricultural Sciences (CAAS). Darüber hinaus bestehen staatliche Institute wie das National Rice Research Institute oder das Hunan Hybrid Rice Research Center (China National Hybrid Rice R&D Center) für den chinesischen Zuchtsektor.

Abgesehen vom akademischen Bereich fördert der chinesische Staat über das MOST auch Schwerpunktlabore in Unternehmen.<sup>26</sup> Von den 177 Unternehmenslaboren fokussieren 35 Labore ihre Forschungsaktivitäten auf die Medikamentenforschung oder die landwirtschaftliche Forschung. Firmennahe Förderung findet ebenfalls durch das Programm zur Gründung nationaler ingenieurwissenschaftlicher Forschungszentren statt, die in Universitäten, Forschungsinstituten und Firmen untergebracht sind.<sup>27</sup> Von den 360 Zentren sind 95 in den Gebieten Lebenswissenschaften und Landwirtschaft aktiv.

Zu den relevantesten Unternehmen in diesem Bereich zählt BGI Shenzhen, das auf dem Gebiet der landwirtschaftlichen Biotechnologie eng mit der Regierung zusammenarbeitet. Das Unternehmen unterhält die Schwerpunktlabore für Agrar genomik von MOST und Ministry of Agriculture (MOA). Ferner hat es in öffentlich-privater Partnerschaft die China National GeneBank errichtet, die als einzige Genbank der Welt genetisches Material von Menschen, Tieren und Pflanzen sammelt. SinoBioway Group, eine der ursprünglich drei großen Unternehmensgruppen der Peking University, hat sich auf Initiative des Firmengründers

Pan Aihua auf die Bioökonomie ausgerichtet und Unternehmen in allen relevanten bioökonomischen Sektoren gegründet oder akquiriert. SinoBioway ist ebenfalls besonders aktiv in der landwirtschaftlichen Biotechnologie. Es unterhält das National Engineering Research Center for Crop Molecular Design. Im Bereich der medizinischen Biotechnologie dagegen sind vielfach Start-ups von USA-Rückkehrern oder Absolventen chinesischer Eliteuniversitäten relevant.

## Japan

### Staatliche Ziele und Schwerpunktsetzung

Japans neue Bioökonomie-Strategie wurde während der Bio-Japan-Messe Anfang Oktober 2019 in Yokohama vorgestellt.<sup>28</sup> Zuvor war der Begriff „Bioökonomie“ kaum in Japan verwendet worden.<sup>29</sup> Allerdings hatte die japanische Regierung das Konzept der Bioökonomie bereits seit Beginn der 2000er Jahre in ihrer Politik verankert und durch zahlreiche politische Initiativen und steuerliche Erleichterungen gefördert. Die früheren Initiativen zielten auf eine nachhaltige Wirtschaft auf Grundlage biologischer Ressourcen, Minimierung des Klimawandels und der Abhängigkeit von Energieimporten und beinhalteten auch Wachstumsimpulse für ländliche Räume. Ebenso wie Deutschland sieht Japan in der Bioökonomie ein großes Innovationspotenzial, um eine Reihe von Wirtschaftssektoren, einschließlich der Agrar- und Ernährungswirtschaft, zu beleben.

Die im Jahr 2002 veröffentlichte Biomass Nippon Strategy stellte auf die Erzeugung und industrielle Nutzung von Biomasse ab. Im Jahr 2006 wurde sie überarbeitet und seitdem steht auch Bioenergie mit auf der Agenda. In dem im Jahr 2009 verabschiedeten Gesetz Basic Act for the Promotion of Biomass Utilization steht die Nutzung von Biomasse erneut im Vordergrund. Basierend auf diesem Gesetz wurde der Council for National Biomass Policy berufen. Im

26 MOST (2017): 2016 qiye guojia zhongdian shiyanshi niandu baogao (2016企业国家重点实验室年度报告), Jahresbericht 2016 zu Nationalen Unternehmens-Schwerpunktlaboren. Online: <http://www.most.gov.cn/mostinfo/xinxifenlei/zfwzndbb/201805/P020180521578399847540.pdf>

27 MOST (2017): Guojia gongcheng jishu yanjiu zhongxin 2016 niandu baogao (国家工程技术研究中心2016年度报告), Jahresbericht 2016 zu Nationalen Ingenieurwissenschaftlichen Forschungszentren. Online: <http://www.most.gov.cn/mostinfo/xinxifenlei/zfwzndbb/201805/P020180521579923434724.pdf>

28 Japans Bioökonomie-Strategie wurde am 21.6.2019 vom japanischen Kabinett verabschiedet. Das bisher lediglich auf Japanisch veröffentlichte Strategiepapier (baio senryaku 2019) findet sich unter: <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/biosenryaku2019.pdf>; ein Überblick über die Strategie ist z.B. in der Nikkei Zeitung zu finden: [https://business.nikkei.com/atcl/gen/19/00002/061800460/?P=2&yclid=YJAD.1576392807.DDB81XWdcq0RV1bztY46P9vqEUQ4L5bWzPOMqJtoO8\\_aNpUGs-yTn0Zfi3pLWcw—](https://business.nikkei.com/atcl/gen/19/00002/061800460/?P=2&yclid=YJAD.1576392807.DDB81XWdcq0RV1bztY46P9vqEUQ4L5bWzPOMqJtoO8_aNpUGs-yTn0Zfi3pLWcw—)

29 German Bioeconomy Council (2015): Japan. Regional Energy and Circular Economy. S. 38–42. <https://bioeconomie.de/sites/default/files/japan.pdf>

Jahr 2010 folgte der National Plan for the Promotion of Biomass Utilization, indem quantitative Ziele zum Marktvolumen und grundlegende Regelungen auf nationaler, regionaler und kommunaler Ebene vorgegeben wurden. Kurzfristig liegen die Prioritäten auf der Entwicklung von Technologien zur Verwendung von Abfällen und Rückständen (Abwasser, Papier und Holz, Lebensmittel, Land- und Forstwirtschaft) zur Energieerzeugung und mittelfristig auf der Entwicklung von Industrietechnologien (Biokunststoffe, Biokraftstoffe, Logistik etc.). Langfristig werden Innovationen im Bereich neuer biologischer Ressourcen (z. B. Algen) und Bioraffinerien gefördert.

Nach der Reaktor-Katastrophe von Fukushima im Jahr 2011 verabschiedete die Regierung im Jahr 2013 die Revitalization Strategy und die Biomass Industrialization Strategy, die u. a. das Ziel einer dezentralisierten und autonomen Energieerzeugung (auch zur Wiederbelegung der regionalen Wirtschaftsbereiche) enthält. Dafür sollten verschiedene Initiativen wie eine stärkere Grundlagenforschung, Biomasseversorgung, Aufbau von Bioraffinerien, Forschung zu Mikroalgen und Biokraftstoffen verfolgt werden. Die Erzeugung erneuerbarer Energien findet sich auch im 2014 veröffentlichten Strategy Energy Plan; bis 2030 soll sich ihr Anteil auf bis zu 24% mehr als verdoppeln. Biomasse soll dabei auf einen Anteil von knapp 5% kommen. Grüne Innovationen im Bereich von Energie- und Umwelttechnologien werden auch im 4. und 5. Basic Plan for Science and Technology (2011–15; 2016–20) adressiert. Japans Aktionsplan für die biologische Vielfalt (2012–20) fördert ebenfalls die Entwicklung der Bioökonomie. Vor dem Hintergrund der von den Vereinten Nationen verabschiedeten Sustainable Development Goals (SDGs) und des Pariser Abkommens hat Japan 2016 den National Plan for the Promotion of Biomass Utilization revidiert; dieser legte Richtlinien und quantitative Ziele zur Nutzung verschiedener Arten von Biomasse bis 2025 auf nationaler, regionaler und kommunaler Ebene fest.

Die *Comprehensive Innovation Strategy* 2018 hebt die Notwendigkeit zur Schaffung neuer Märkte durch die Bioökonomie und Erhöhung der Beschäftigung

in den Bereichen Landwirtschaft, Industrie und Gesundheit/medizinische Versorgung hervor. Zur Entwicklung einer National Bio-Strategy wurde eine Arbeitsgruppe im Kabinettsbüro (CAO) eingerichtet. Ein erster Entwurf der Strategie wurde im Juni 2019 auf Japanisch veröffentlicht und Details zu konkreten Aktionsplänen und KPIs bis Ende des Fiskaljahres 2019 angekündigt. Aktuell liegen allerdings noch keine neueren Informationen vor. Mit der neuen Strategie weist die japanische Regierung der Biotechnologie – neben dem Schwerpunktbereich Künstliche Intelligenz – einen herausragenden Stellenwert ein. Dies hat Auswirkungen auf eine Vielzahl von Industriebereichen. Regierungsvertreter sehen einen Paradigmenwechsel in der Biotechnologie durch den Einsatz disruptiver Technologien, die mit den Begriffen „Low-Cost-DNA-Sequenzierung“, „Gen-Editing“, „Imaging Resolution“, „Synthetic Biology“ und „Automation and AI“ verbunden werden und eine neue Ära der Digitalisierung durch den Einsatz von „Big Data“ und „Design Organism“ einleiten. Vernetzte Plattformen führten zu einem neuen Forschungsstil und ermöglichten ein offenes Innovationssystem. Japan geht davon aus, dass die Bioökonomie – die sich auf Anwendungen in den Bereichen Gesundheit und Medizin, verarbeitende Industrie, Umwelt und Energie sowie Land- und Forstwirtschaft/Fischerei und Lebensmittel bezieht – einen Markt mit einem Wert von rund 40 Billionen Yen (ca. 330 Mrd. Euro) und 80 Millionen Arbeitsplätzen umfassen wird.<sup>30</sup>

Die neue Strategie verfolgt vier Hauptziele: 1. Entwicklung zur weltweit fortschrittlichsten Bioökonomie-Gesellschaft bis 2030, 2. Festlegen eines Marktsegments, 3. Entwicklung von Datenplattformen zur Integration von Bio- und Forschungstechnologien und 4. Schaffung einer internationalen Bio-Community, die Wissenschaftler und Investoren aus der ganzen Welt anzieht. Im Gegensatz zu bisherigen Strategien auf diesem Gebiet, die vorwiegend auf Forschungsaktivitäten der Universitäten und Forschungseinrichtungen des Landes abzielten, sollen Japans Ministerien<sup>31</sup> gemeinsam mit Unternehmen, Universitäten und Forschungsinstituten des Landes zusammenarbeiten, um Roadmaps und Key Performance Indicators (KPIs)

<sup>30</sup> Siehe Japans Bioökonomie-Strategie: <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/biosenryaku2019.pdf> (auf Japanisch).

<sup>31</sup> Eingebunden in die einzelnen Initiativen sind in Japan die Ministerien für Wirtschaft (METI), Landwirtschaft (MAFF), Inneres (MIC), Wissenschaft (MEXT), Transport (MLIT) und Umwelt (MOE).

zu erstellen, die bis 2030 erreicht werden sollen. Entsprechende Details sind für das Ende des Fiskaljahres 2019 (d. h. bis Ende März 2020) angekündigt.

Zudem will Japan im Bereich der Bioökonomie (wie auch in anderen Bereichen) ein zunehmend offenes Innovationssystem auf der Grundlage der bio-digitalen Integration fördern. Hierdurch könnte eine neue Offenheit entstehen, die deutschen KMUs und Start-ups mit nachhaltigen Produkten und Kompetenzen für ihre Produktion oder Technologien die Möglichkeit gibt, mit japanischen Partnern in Bereichen wie Bioenergie, Biomaterialien oder Agrar- und Lebensmittelprodukten zusammen zu arbeiten.

#### Staatliche Programme und Akteure

Japans neue Strategie zur Bioökonomie legt vor dem Hintergrund der traditionellen Stärken des Landes die folgenden neun Marktsegmente zur Förderung fest, die ein breites Spektrum abdecken und Bereiche wie Gesundheit/Medizin, Land- und Forstwirtschaft und Fischerei sowie Nahrungsmittelproduktion und Industrie abdecken<sup>32</sup>:

1. Hochleistungs-Biomaterialien (geringes Gewicht, hohe Haltbarkeit, hohe Sicherheit) (zuständig: MEXT, MAFF, METI, MOE)<sup>33</sup>,
2. Biokunststoffe (zuständig: MEXT, METI, MOE),
3. Nachhaltiges Primärproduktionssystem (zuständig: MAFF)<sup>34</sup>,
4. Organische Abfälle/organische Abwasserbehandlung (zuständig: METI, Ministerium für Land, Infrastruktur, Verkehr und Tourismus (MLIT), MOE),
5. Gesundheitsvorsorge zur Verbesserung des Lebensstils, functional foods, Digitale Gesundheit (zuständig: Büro für Gesundheits- und Medizinstrategie im Kabinettsbüro, Council

for Science, Technology and Innovation (CSTI), Agentur für Verbraucherfragen, MEXT, Ministerium für Gesundheit, Arbeit und Soziales (MHLW), MAFF, METI),

6. Biopharmazeutika, Regenerative Medizin, Zelltherapie, Gentherapeutische Industrien (zuständig: Büro für Gesundheits- und Medizinstrategie im Kabinettsbüro, MEXT, Agentur für Verbraucherfragen, MAFF, METI)<sup>35</sup>,
7. Bioproduktionssysteme (Biogießerei) (zuständig: MAFF, METI),
8. Biobezogene Analyse-, Mess- und Experimentiersysteme (zuständig: Büro für Gesundheits- und Medizinstrategie im Kabinettsbüro, Agentur für Verbraucherfragen, MAFF, METI)<sup>36</sup>,
9. Großkonstruktionen, die Holz und intelligente Forstwirtschaft nutzen (zuständig: MAFF, MLIT).

Zudem sollen die Fortschritte im Bereich Künstliche Intelligenz zur Einrichtung übergreifender Lebensstil- und Gesundheitsdatenbanken unter Nutzung von Big Data eingesetzt werden. Auch über neue gesetzliche Bestimmungen erfolgt eine Förderung der Bioökonomie. So beispielsweise durch das 2012 verabschiedete „Gesetz zur Förderung des grünen Einkaufs“, das staatliche Stellen verpflichtet, umweltfreundliche Produkte zu kaufen. Weiterhin wurden verschiedene Labels eingeführt, um umweltfreundliche und biobasierte Produkte für Verbraucher zu kennzeichnen, und eine Steuerreduzierung (auf Vermögens- und Körperschaftssteuer) begünstigt Biokraftstoffhersteller.

Wie die obige Auflistung zeigt, werden einzelne Bereiche der Bioökonomie durch verschiedene Ministerien und Programme gefördert. Besonders erwähnenswert ist das ministeriumsübergreifende Strategic Innovation Promotion Program (SIP)<sup>37</sup> mit dem Titel

<sup>32</sup> Ausführliche Erläuterungen zu den im Folgenden genannten Bereichen finden sich in der „Bio-Strategy 2019“, S. 9–11, <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/biosenryaku2019.pdf> (auf Japanisch).

<sup>33</sup> Siehe Fußnote 27 zu den aufgeführten Ministerien. Japan will hier auf seinen Stärken in der Werkstofftechnologie und ihren Anwendungsgebieten (z. B. im Automobilsektor) aufbauen.

<sup>34</sup> Hierzu wird näher ausgeführt, dass es sich um die sogenannte intelligente (smarte) Landwirtschaft und Züchtung handelt, die sich an den Bedürfnissen der Verbesserung der landwirtschaftlichen Produktivität in Asien und Afrika orientieren soll.

<sup>35</sup> Hier will Japan auf seinen Stärken in der Grundlagenforschung zu Mikroorganismen und Zellkulturtechniken, die in der traditionellen Fermentationsindustrie kultiviert werden, aufbauen.

<sup>36</sup> Japans fortschrittliche Messtechnologien und Elementartechnologien wie Robotik sind international wettbewerbsfähig.

<sup>37</sup> SIP ist ein nationales Projekt für Wissenschaft, Technologie und Innovation, das vom Council for Science, Technology and Innovation (CSTI) seit 2014 geleitet wird, um interdisziplinäre Forschung und Kooperationen zwischen Wissenschaft und Industrie zu fördern. Insgesamt werden 23 Themen gefördert – 11 Themen/ Projekte in der ersten Phase seit 2014, und 12 Themen/ Projekte in der zweiten Phase seit 2018 -, die für die Gesellschaften weltweit von entscheidender Bedeutung sind und zu einer Wiederbelebung der japanischen Wirtschaft führen sollen. Das SIP-Budget liegt bei jährlich 50 Billion Yen (~410 Mio. Euro). Ein Überblick zu den SIPs findet sich unter: [https://www8.cao.go.jp/cstp/panhu/sip\\_english/p3-5.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/panhu/sip_english/p3-5.pdf)

„Technologies for smart bio-industry and agriculture“.<sup>38</sup> Zudem hat die japanische Regierung in den letzten Jahren mit öffentlichen Fördermitteln eine umfassende Infrastruktur in Form von Clustern, Inkubationszentren und Netzwerken, bestehend aus öffentlichen und privaten Forschungseinrichtungen sowie Unternehmen, unterstützt. Innovative Start-Up-Unternehmen, die häufig durch Ausgründungen aus Universitäten und Forschungseinrichtungen entstehen, werden besonders gefördert. Für die Bioökonomie relevante Cluster befinden sich auf Hokkaido und Honshu. So arbeitet beispielsweise das Sapporo Biocluster „Bio-S“ an gesundheitsfördernden Nahrungsmitteln, das Hakodate Marine Bio Industrial Cluster setzt auf Meeresressourcen. Prozesse, die die Herstellung von Biodiesel verbessern, stehen im Zentrum des Kyoto Environmental Nanotechnology Cluster. Auch das Tokyo/Kanto-Cluster ist ein bedeutender Standort für Firmen und Forschungseinrichtungen.

Die Japan Science and Technology Agency (JST) ist einer der größten und wichtigsten Fördermittelgeber in Japan. Forschungsprogramme aus zwei (Green Innovation und Life Innovation) der in Japan priorisierten Forschungsbereiche sind für die Bioökonomie relevant. Hier stehen insbesondere die Produktion von Biomasse- und Lebensmitteln und Biotechnologie auf der Agenda. Im Programm ALCA (Advanced Low Carbon Technology Research and Development Program) geht es z. B. um weiße Biotechnologie und nachhaltige Chemie.

Die New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO) konzentriert sich mit ihren etwa 800 Mitarbeitern auf erneuerbare Energien, auch aus Biomasse, und auf Umweltbelange. Die Forscher suchen u. a. nach Enzymen, mit denen Biosprit der zweiten Generation hergestellt werden kann. Mit ihrer Hilfe wird in Ländern wie Thailand oder Indonesien bereits Bioethanol hergestellt, und zwar aus landwirtschaftlichen Abfällen.

Das Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS), das mit seinen mehr als 200 Mitarbeitern dem Ministerium für Landwirtschaft (MAFF) zugeordnet ist, widmet sich insbesondere der Forschung zur Ernährungssicherung und einer entsprechenden Zusammenarbeit mit Entwicklungslän-

dern. Das auf Forstwirtschaft spezialisierte Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI), das mehrere Zentren im Land hat, erforscht auch bio-basierte Chemikalien und Werkstoffe aus Holz. Am National Institute of Agricultural Sciences (NIAS), das seit 2016 zur bedeutenden National Agriculture and Food Research Organization (NARO) gehört, wurden bereits klinische Versuche mit einem transgenen Reis durchgeführt. Daneben unterhalten die Provinzregierungen wissenschaftliche Institute, wie beispielsweise das 1991 gegründete Kazusa DNA Research Institute (KDRI) in der Präfektur Chiba. Hier stehen inzwischen industrielle Anwendungen der Pflanzengenetik im Vordergrund. Mit Blick auf die Fischerei kommt der Fisheries Research Agency (FRA) mit seinen zehn über ganz Japan verteilten Standorten eine zentrale Rolle zu.

Auch eine Reihe der Universitäten des Landes spielen für die Bioökonomie eine große Rolle. So forschen beispielsweise an der Tokyo University an der Fakultät für Landwirtschaft und in den Abteilungen für Biologische Chemie und Biotechnologie zahlreiche Gruppen zu Pflanzen- und Tierzucht, Lebensmitteln sowie Biotreibstoffen und biobasierten Materialien. An der Kobe University gelang es Wissenschaftlern, Biosprit aus den Schalen von Krabben herzustellen; und gemeinsam mit dem Mischkonzern IHI Corporation werden dort in großen Teichen Algen als Rohstoffquelle für Kraftstoff gezüchtet. An der Tohoku University in Sendai entwickeln Ingenieure Methoden, um Biomasse aufzuschließen und in Bioraffinerien nutzen zu können. Auch an der Hokkaido University wird Biomasse mithilfe neuer Katalysatoren in seine Bestandteile zerlegt. An der Mie University existiert seit Langem eine Fakultät für Bioressourcen. Forscher arbeiten hier an Biobutanol, einem Biosprit, der fermentativ aus pflanzlichen Reststoffen, beispielsweise aus lokal angebauten, nicht zum Verkauf geeigneter Mandarinen, hergestellt wird. Expertise auf dem Gebiet der smarten Landwirtschaft kann die Tokyo University of Agriculture and Technology vorweisen. Eine lange Tradition im Bereich der Fischerei hat die 1889 gegründete Tokyo University of Marine Science and Technology. Weitere Universitäten mit Aktivitäten in Bioökonomie-relevanten Themen sind Hiroshima, Ibaraki, Kindai und Tottori. Neben den Universitäten gibt es Fachhochschulen für Landwirtschaft.

38 Ein Überblick findet sich unter: [https://www8.cao.go.jp/cstp/panhu/sip\\_english/p68-69.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/panhu/sip_english/p68-69.pdf)

Zudem gibt es in Japan von unterschiedlichen Seiten Bestrebungen, Anlagen zur Herstellung von Biokraftstoff aufzubauen. Bis zu den nun verschobenen Olympischen Spielen im Sommer im 2020 wollten z.B. die Fluggesellschaften Japan Airlines (JAL) und All Nippon Airways (ANA) Produktionsanlagen in Betrieb nehmen, in denen Flugbenzin aus Abfällen beziehungsweise Algen gewonnen wird. Beteiligt an dieser 2014 gestarteten Initiative waren neben der US-Firma Boeing, die japanische Regierung und die Universität Tokyo bzw. das aus ihr ausgegründete Start-Up-Unternehmen Euglena Co. Ende 2018 wurde eine erste Anlage zur Herstellung von Flugzeugkraftstoffen auf Basis von Algen in der Hafenstadt Yokohama fertiggestellt.<sup>39</sup> Auch die Automobilindustrie und deren Zulieferer, die Elektronik- und Chemieindustrie entfalten im Bereich Biokunst- und -kraftstoffe starke Aktivitäten.

Eine wichtige Säule der Bioökonomie stellt zudem die Lebensmittelindustrie dar. So zählt beispielsweise der global führende Automobilbauer Toyota zu den industriellen Bioplastik-Pionieren. Bereits 1998 hat Toyota eine eigene Bioplastik-Einheit eingerichtet, 2003 wurden im Modell RAUM (Minivan mit fünf Sitzplätzen) bereits Fußmatten und Ersatzreifenhüllen aus stärkebasiertem Plastik serienmäßig verwendet, auch das Modell Prius enthält inzwischen einige Bioplastik-Komponenten. Eine 1.000-Tonnen-Pilotanlage für die Produktion von Polymilchsäure (PLA) wurde bereits 2005 errichtet. Zudem arbeitet Toyota am Biokraftstoff der zweiten Generation und bietet Landwirten IT-Lösungen zur Effizienzsteigerung an. Der weltweit führende Kfz-Teilehersteller Denso Corporation forscht seit 2008 an der Mikroalge *Pseudochoricystis*, um Biokraftstoffe herzustellen. Für Mitsubishi Chemical ist die Entwicklung von Chemikalien aus nachwachsenden Rohstoffen oder Abfällen eine Kerntätigkeit. Die Elektronikkonzerne Sharp und Mitsubishi nutzen für ihre Mobiltelefone Deckglas aus Bioplastik.

Fermentierte Lebensmittel nehmen traditionell eine zentrale Rolle im Leben der Japaner ein. Diese

Lebensmittel gelten seit Langem wegen ihrer überragenden Bedeutung in der Medizin und Pharmazie, Chemie, Landwirtschaft und den Umweltschutz als ein Schlüsselement zur Belebung der japanischen Wirtschaft. Der Ruf der japanischen Küche als der gesündesten der Welt und als Ursache der höchsten Lebenserwartung hat in Japan und anderen Ländern in den letzten Jahren einen regelrechten Functional-Food-Boom ausgelöst.

Japan ist seit langem erfolgreich in der kommerziellen Anwendung der Biowissenschaften, insbesondere in der Biomedizin und der industriellen Biotechnologie. Dies bedingt auch, dass ausländische Unternehmen in Japan aktiv sind. So verkauft beispielsweise der Leverkusener Bayer-Konzern seine Agrarchemikalien in Japan. Zudem profitiert Bayer sowie die BASF von der Einfuhrerlaubnis ihrer gv-Pflanzen wie Sojabohnen (BASF, Bayer), Baumwolle, Raps, Mais und Zuckerrüben (Bayer) durch das Ministerium für Gesundheit, Arbeit und Soziales (MHLW). Die nordrhein-westfälische Biotec GmbH vertreibt eine neue Generation biobasierter thermoplastischer Materialien beispielsweise für Anwender in der Nahrungsmittel-, Landwirtschafts- und Pharmaindustrie.

## Indien

### Staatliche Ziele und Schwerpunktsetzung

Die indische Strategie zur Bioökonomie äußert sich im Wesentlichen in Politikmaßnahmen zur Förderung der Biotechnologie. Im Anschluss an die 2007 veröffentlichte „Biotechnology Development and Innovation Strategy“ der Regierung erfolgte im Januar 2014 mit der „Biotechnology Strategy II“ eine Aktualisierung.<sup>40</sup> Albrecht und Ettlting (2014) fassen das indische Verständnis von Bioökonomie als „translating life sciences knowledge into socially relevant eco-friendly and competitive products“ zusammen<sup>41</sup>. Während die o.g. BT-Strategie von 2007 auf die pharmazeutische Biotechnologie fokussierte, werden mit der Biotechnologie-Strategie von 2014 weitere Bereiche wie Bioenergie, Nano-Technologie und biobasierte Umwelttechnologien und Produktionsprozesse erschlossen.<sup>42</sup>

39 Okutsu, Akane (2018): „Jet biofuel mass production to begin in Japan“. In: Nikkei Asian Review. Online: <https://asia.nikkei.com/Business/Companies/Jet-biofuel-mass-production-to-begin-in-japan>

40 German Bioeconomy Council (2015): India. S. 64–65. Online: <https://biooekonomie.de/sites/default/files/india.pdf>

41 Albrecht, Katja und Stefanie Ettlting (2014): Bioeconomy strategies across the globe. Online: [https://www.rural21.com/fileadmin/downloads/2014/en-03/rural2014\\_03-S10-13.pdf](https://www.rural21.com/fileadmin/downloads/2014/en-03/rural2014_03-S10-13.pdf)

42 Siehe Fußnote 32, S. 65.

Das ehrgeizige Ziel der Ende 2015 vorgestellten „National Biotechnology Development Strategy 2015–20“ ist es, Indien zu einem internationalen Zentrum für Bio-industrie zu machen. Die Strategie bezieht sich auch auf ein Wachstum der Märkte für Bio-Pharmazeutika, Bio-Landwirtschaft, Bio-Energie und Bio-Informatik, die bis 2025 ein Volumen von rund 100 Mrd. USD erreichen sollen. Die Strategie „intends to launch a major mission, backed with significant investments, for the creation of new biotech products, create a strong infrastructure for R&D and commercialization, and empower India’s human resources scientifically and technologically“ (Press Information Bureau 2015).<sup>43</sup> Die Strategie legt ihren Fokus auf biotechnische Verfahren und Produkte für eine inklusive Entwicklung. Zur Umsetzung der Ziele sollen verschiedene Maßnahmen getroffen werden: Transparentere, effizientere Regeln sollen geschaffen, globale und nationale Biotech-Allianzen geschlossen und neue institutionelle Kapazitäten und Governance-Modelle errichtet werden. Darüber hinaus stehen die Ausbildung von qualifizierten Arbeits- und Führungskräften sowie die Verbesserung der Forschungsmöglichkeiten in der Grundlagen-, disziplinbezogenen und interdisziplinären Forschung auf der Agenda. Konkret sieht die nationale Biotechnologie-Strategie den Aufbau eines Netzwerks für die Technologie- und Translationentwicklung vor, das aus fünf neuen Clustern, 40 Biotech-Inkubatoren, 150 Technologietransferbüros und 20 Bio-Connect-Zentren bestehen soll. Eine Verbesserung der Koordination zwischen den Ministerien, Abteilungen, Regierungen der Bundesstaaten sowie internationalen Agenturen soll die Zielerfüllung erleichtern. Vor dem Hintergrund geringer FuE-Mittel setzt die Zentralregierung in der Biotechnologie auf die Verknüpfung von Disziplinen und Industrien sowie auf den Privatsektor und ausländische Direktinvestitionen für die Entwicklung des Biotechnologie-Sektors.

Bislang liegt die Entwicklung des indischen Biotechnologie-Marktes hinter den Erwartungen zurück. Einer Studie der Fachzeitschrift Biospectrum zufolge lag die Marktgröße bei rund 19,5 Mrd. USD im Jahr

2018. Andere Analyseinstitute schätzen die Marktgröße unterschiedlich hoch ein mit einer Variation zwischen 11 und 20 Mrd. USD. Insgesamt ist es demnach noch ein weiter, aber nicht aussichtsloser Weg, bis die Marke von 100 Mrd. USD als Marktgröße bis 2025 erreicht wird. Der Umsatz der Biotechnologie-Branchen setzt sich zu 64% aus der Biopharmazeutik, zu 18% aus Bio-Dienstleistungsbereichen und zu 15% aus der Agro-Biotechnologie zusammen; einen deutlich kleineren Anteil von etwa 3% trägt die industrielle Biotechnologie bei (Nazir 2019).<sup>44</sup>

Zur Stärkung des Landwirtschaftssektors fordert das Planungs- und Beratungsgremium National Institution for Transforming India (NITI Aayong) in seinen Vorschlägen für den Fünfjahreszeitraum 2018–22 (Strategy for New India@75) einen besser abgestimmten Ansatz. Zu den geforderten Schwerpunkten gehören energieeffiziente Bewässerungspumpen, kleinteilige Bewässerung, klimafreundliche Technologien, der Einsatz des Internet of Things und von Technologien zur Überwachung des Tierverhaltens, die Gesundheit der Tiere und der Produktion. Das Beratungsgremium empfiehlt darüber hinaus zur Erhöhung der Produktivität stärker auf Hybridsaatgut zu setzen. Für die Entwicklung klimaresistenter Feldfrüchte sollen der Indian Council of Agricultural Research (ICAR) und die State Agricultural Universities (SAUs) beauftragt und die Bauern in die Versuchsreihen der Pflanzenzüchtung stärker einbezogen werden.<sup>45</sup>

#### Staatliche Programme und Akteure

Bereits im Jahr 1986 hat die indische Regierung die Bedeutung der Lebenswissenschaften erkannt und eine Abteilung für Biotechnologie (Department of Biotechnology/DBT) als eine von drei zentralen Abteilungen unter dem Ministry of Science and Technology (MOST) gegründet. Zur DBT gehören verschiedene Forschungseinrichtungen<sup>46</sup> wie das National Institute of Immunology (NII), das National Center for Cell Science (NCCS) und das National Center for Plant Genome Research (NIPGR). Auch für die indische Niederlassung des International Center for Genetic Engineering and Biotechnology (ICGEB) ist das DBT zuständig.

<sup>43</sup> Press Information Bureau. Government of India. Ministry of Science and Technology (2015): National Biotechnology Development Strategy 2015–20, 30 December 2015, online: <https://pib.gov.in/newsite/PrintRelease.aspx?relid=134035>

<sup>44</sup> Nazir, Heena (2019): Gute Wachstumsaussichten für die indische Biotechnologie, GTAI Bericht, 24. Oktober.

<sup>45</sup> NITI Aayong (2018) S. 35 und 26.

<sup>46</sup> Die DBT finanziert 16 ihr unterstellte FuE-Institute, die in Forschung, Humankapital und Technologieentwicklung involviert sind.

Für die Entwicklung der indischen Bioindustrie ist der Biotechnology Industry Research Assistance Council (BIRAC), der dem DBT untersteht, von besonderer Bedeutung. Der BIRAC hat die Aufgabe, Innovation und Unternehmertum zu fördern, in wichtigen sozialen Bereichen kostengünstige Innovationen zu fördern und die Fähigkeiten der Start-ups und KMUs zu stärken. Als Instrumente greift BIRAC auf die Bereitstellung von Inkubatoren, die Vermittlung des Zugangs zu Forschungseinrichtungen und Mentoring-Programme zurück. Verschiedene Einzelprogramme finanzieren und begleiten Start-ups in den ersten 18 Monaten (BIG) oder vermitteln ihnen in der Folgephase Büro- und Arbeitsflächen (BioNEST). Über BioNEST entstanden inzwischen 41 Inkubatoren, in denen 377 Unternehmen sich entwickeln konnten und mehr als 800 neue Arbeitsplätze schufen. Darüber hinaus betreut BIRAC das Biotechnology Industry Partnership Programm (BIPP), das auf der Basis eines Public-Private-Partnership arbeitet und inzwischen 196 Unternehmen in der Endphase des Innovationsprozesses gefördert hat. Neu ist die Gründung eines BT Innovationsfonds, dem Accelerating Entrepreneurs (AcE) Fund, der exklusiv für Start-ups Risikokapital bereitstellt. BIRAC ist auch involviert in das Programm Grand Challenges India, das u. a. auf öffentliche Gesundheit fokussiert und von der Bill & Melinda Gates Foundation finanziert wird.<sup>47</sup>

Die zweite Abteilung, die dem MOST untersteht, ist das Department of Scientific & Industrial Research (DSIR), dem der Council of Scientific and Industrial Research (CSIR) als größte staatliche Forschungseinrichtung zugeordnet ist. Landesweit weist der CSIR rund 40 Laboratorien und „outreach-centres“ auf (Goller o. A.).<sup>48</sup> Die Lebenswissenschaften machen einen signifikanten Teil der Aktivitäten des CSIR aus. Zu den Schwerpunkten gehören die Genomik, medizinische Biotechnologie, Agrarbiotechnologie und Lebensmittelwissenschaften. Die dritte Abteilung im MOST, das Department for Science and Technology (DST), fördert institutionen- und disziplinübergreifende Forschungskapazitäten und Humankapital im

Rahmen kompetitiver Verfahren. Für die Forschungsförderung besonders relevant ist das dem DST unterstehende Science and Engineering Research Board (SERB), das indische Pendant zur Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), das nicht zuletzt auch Forschungsprojekte in den Lebenswissenschaften fördert (im SERB-Bericht genannt werden die Gebiete Tierwissenschaften, Botanik, Gesundheitswissenschaften und der Sammelbereich Biochemie, Biophysik, Mikrobiologie und Molekularbiologie).

Obwohl Indien ambitionierte Ziele für die Entwicklung der Lebenswissenschaften hat, ist der Mittlereinsatz aus dem öffentlichen Haushalt für die Forschung weitaus geringer als in China und Japan. So wurde zwar das Wissenschaftsbudget für 2018–19 insgesamt um 10% auf 536,2 Mrd. Rupien (8,4 Mrd. USD) erhöht, doch liegt die gesamte FuE-Intensität mit 0,8% der FuE-Ausgaben in Relation zum BIP sehr niedrig. Das Wissenschaftsbudget müssen sich sieben Regierungsbehörden teilen, die Forschungsaktivitäten verfolgen: Neben dem MOST sind dies das Ministry of Earth Sciences (MOES), das Ministry of New and Renewable Energy (MoNRE) sowie die Abteilungen für Atomenergie, Weltraumforschung, Gesundheitsforschung, Agrarforschung und Bildung.

Das DST hatte einen Anteil am Budget von 51,1 Mrd. Rupien (806 Mio. USD), während auf die DBT 24,1 Mrd. Rupien (406 Mio. USD) entfielen (Padma 2018).<sup>49</sup> Da das DBT neben der Finanzierung ihrer Forschungsinstitute auch die Entwicklung der Biotechnologieindustrie beispielsweise durch Unterstützung für Start-ups, Inkubatoren und Wissenschaftsparks leistet, ist das Budget angesichts der vielfältigen Aufgaben sehr beschränkt. Die FuE-Ausgaben der DBT (siehe Tabelle 13) werden für die Entwicklung von Humankapital, Bioinformatik, Biotechnologie-Infrastruktureinrichtungen, Exzellenz-Zentren, missionsorientierte Forschung sowie FuE-Projekte im Rahmen internationaler Kooperation eingesetzt.

47 BIRAC (2019): Nurturing Innovations: Empowering India. Biotechnology Industry Research Assistance Council (a Government of India Enterprise), [https://birac.nic.in/webcontent/1554103938\\_birac\\_brochure\\_01\\_04\\_2019.pdf](https://birac.nic.in/webcontent/1554103938_birac_brochure_01_04_2019.pdf)

48 Goller, Martin (o.A.): Länderbericht Indien. Kooperation International, BMBF. [https://www.kooperation-international.de/laender/asien/indien/laenderbericht-indien/?tx\\_contentaggregation\\_pages%5Baction%5D=list&tx\\_contentaggregation\\_pages%5Bcontroller%5D=AggregatePages](https://www.kooperation-international.de/laender/asien/indien/laenderbericht-indien/?tx_contentaggregation_pages%5Baction%5D=list&tx_contentaggregation_pages%5Bcontroller%5D=AggregatePages)

49 Patma, T.V. (2018): Indian science budget fails to impress — despite funding boost, in: Nature, February. <https://www.nature.com/articles/d41586-018-01504-5>

Zu den Fonds und Programmen, die im DST-Jahresbericht 2018–19 aufgeführt sind, zählen beispielsweise der „Fund for Improvement of S&T Infrastructure (FIST)“ an Universitäten und höheren Bildungseinrichtungen, die „Promotion of University Research and Scientific Excellence (PURSUE)“ und die „Sophisticated Analytical Instrument Facilities“ (SAIF). Darüber

hinaus leistet das DST Unterstützung beim Aufbau von Laboren und Forschungsprogrammen in fokalen Forschungsbereichen (z.B. im Rahmen des „Drugs and Pharmaceutical Research Programme“). Außerdem stellt das DST ergänzende Mittel für lokale Wissenschafts- und Technologieprojekte in den Bundesstaaten (State S&T Programme) bereit.

**TABELLE 13: Ausgaben aus dem Haushalt des Department of Biotechnology, Indien (in Euro)**

	2017–18 (REALISIERT)	2018–19 (ENTWURF)	2018–19 (ÜBERARBEITET)	2019–20 (ENTWURF)
<b>Sekretariat</b>	<b>3.654.171</b>	<b>3.992.285</b>	<b>3.915.365</b>	<b>4.098.376</b>
<b>Programme/Projekte</b>	<b>197.197.425</b>	<b>198.089.609</b>	<b>198.089.609</b>	<b>222.635.315</b>
<b>1. BT FuE</b>	<b>167.286.801</b>	<b>167.217.452</b>	<b>167.217.452</b>	<b>184.749.756</b>
<b>2. Industrie und Unternehmertum</b>	<b>28.564.279</b>	<b>30.872.047</b>	<b>30.872.047</b>	<b>35.542.093</b>
<b>Sonstige Ausgaben</b>	<b>102.609.189</b>	<b>96.612.050</b>	<b>96.698.755</b>	<b>100.570.677</b>
<b>3. Förderung autonomer Institute</b>	<b>98.529.355</b>	<b>92.769.765</b>	<b>92.858.947</b>	<b>96.638.468</b>
<b>4. Rat für Biotechnologie-Industrieforschung (BIRAC)</b>	<b>4.079.834</b>	<b>3.839.808</b>	<b>3.839.808</b>	<b>3.932.208</b>
<b>Gesamt</b>	<b>303.460.787</b>	<b>298.703.631</b>	<b>298.703.631</b>	<b>327.304.369</b>

QUELLE: Ministry of Science and Technology. Department of Biotechnology, Demand No. 85

**TABELLE 14: Übersicht über Biotech Parks in Indien**

<b>Biotech Park, Lucknow (Uttar Pradesh)</b>
<b>Biotechnology Incubation Centre, Hyderabad (Telangana)</b>
<b>Tidco Centre for Life Sciences Biotech Park, Chennai (Tamil Nadu)</b>
<b>The Golden Jubilee Biotech Park for Women, Chennai (Tamil Nadu)</b>
<b>Biotechnology Park Technology Incubation Centre, Guwahati, Assam</b>
<b>Biotech Incubation Centre, Cochin (Kerala)</b>
<b>Biotechnology Park, Bangalore (Karnataka)</b>
<b>Industrial Biotechnology Parks (IBTPs) (Jammu &amp; Kashmir)</b>
<b>Chhattisgarh Biotech Park,</b>
<b>Naya Raipur (Chhattisgarh)</b>

QUELLE: Department of Biotechnology<sup>50</sup>

<sup>50</sup> Department of Biotechnology (o.A.): Biotech Parks and Incubators, <http://dbtindia.gov.in/schemes-programmes/translational-industrial-development-programmes/biotech-parks-incubators>

Zusätzlich zu den Mitteln aus dem Haushalt der Zentralregierung geben Lokalbehörden Mittel für Biotechnologie aus. Dabei verfolgen die Bundesstaaten unterschiedliche Strategien und finden unterschiedliche Voraussetzungen vor. Die Biotechnologieindustrie befindet sich vor allem im Westen und Süden des Landes. Das bekannteste Biotechnologie-Cluster mit Fokus auf der Pharmaindustrie ist Hyderabad im südindischen Bundesstaat Telangana. Rein zahlenmäßig liegt der Cluster in Bengaluru (Karnataka) mit einem Anteil von 20% an der Gesamtzahl indischer Biotechnologieunternehmen an der Spitze (Nazir 2019).

Die Biotechnologie-Infrastruktur wird auch durch die vom DBT eingerichteten Biotechnology Parks mit Inkubatoren geprägt. Sie zielen auf eine schnellere Kommerzialisierung neuer Innovationen und finden sich verteilt im Land in den verschiedenen Bundesstaaten (siehe Tabelle 14).

## Südkorea

### Staatliche Schwerpunktsetzung

In Südkorea bezieht sich das Verständnis der Bioökonomie allgemein auf Biowissenschaften, medizinische Biotechnologie und den Gesundheitssektor, obwohl einige Jahre auch die Bereiche Bioenergie, grüne Chemie und Bio-Elektronik dazu gezählt wurden. Als eines der ersten Länder in Asien wurde in Südkorea mit der 2008 veröffentlichten „Low Carbon, Green Growth Strategie“ eine der Bioökonomie nahe Politik zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen mit Hilfe grüner Innovationen und Technologien verfolgt (Five-Year Green Growth Plan 2009–13). Während im Rahmen dieser Politik hohe Investitionen in erneuerbare Energien, einschließlich der Bioenergie, flossen, wird der Atomenergie im aktuellen Energieplan (2014–35) wieder ein höherer Stellenwert eingeräumt.<sup>51</sup>

Beginnend mit der Verabschiedung des „Biotechnology Support Act“ im Jahr 1983 und der Aufstellung des 1. Nationalen Rahmenplanes für die Förderung der Biotechnologie im Jahr 1994 investierte die südkoreanische Regierung in die Entwicklung der Biotechnologie mit jährlich steigenden Wachstumsraten. Vor

dem Hintergrund der demographischen Herausforderungen (schnelle Überalterung der Gesellschaft) sowie des notwendigen industriellen Strukturwandels definierte die Regierung 2004 die Biotechnologie als Wachstumsmotor der nächsten Generation und verabschiedete im Jahr 2006 den alle Ministerien einschließenden 2. Nationalen Rahmenplan für die Förderung der Biotechnologie (Bio-Vision 2016).<sup>52</sup> Mithilfe dieses 10-Jahresplans sollte Südkorea drei ambitionierte Ziele erreichen: „Healthy Life“, „Prosperous Bioeconomy“ und „Joining the Group of Global Top 7 Biotechnology Nations“. Der Bio Vision 2016-Plan umfasst konkrete Ziele für die Biotechnologieindustrie sowie allgemeine für die Bioökonomie. In der 2. Phase der Umsetzung des Plans ab 2012 lag der Schwerpunkt auf Bioindustrien und dem pharmazeutischen Markt.

Eine eigene Planung stellte das Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) mit der „Strategy for promotion of industrial biotechnology“ im Dezember 2012 vor. Dieser Plan zielt vor allem auf die Förderung des Technologietransfers und der Marktentwicklung. Im Mittelpunkt steht die Bildung von Allianzen zwischen unterschiedlich großen Unternehmen und verschiedenen Industriezweigen, insbesondere aus der Chemie und Biotechnologie-Industrie. Um die Marktentwicklung zu unterstützen, wurden Anreize zur Anpassung an international anerkannte Standards gegeben und staatliche Beschaffungsprogramme für biobasierte Materialien aufgelegt. Andere Ministerien wie beispielsweise für Landwirtschaft oder Fischerei erarbeiteten ebenfalls eigene Pläne für innovative Entwicklungen in ihren Sektoren. Erwähnenswert ist darüber hinaus der Blue-Bio 2016-Plan, den die Regierung im Jahr 2008 zur Entwicklung der Meeres-Biotechnologie veröffentlichte.<sup>53</sup>

### Staatliche Programme und Akteure

Um die Koordination der verschiedenen Biotechnologie-Projekte und Aktivitäten der Ministerien stärker aufeinander abzustimmen, wurde das Special Committee on Biotechnology gegründet. Das Komitee untersteht direkt dem National S&T Council (MSIP

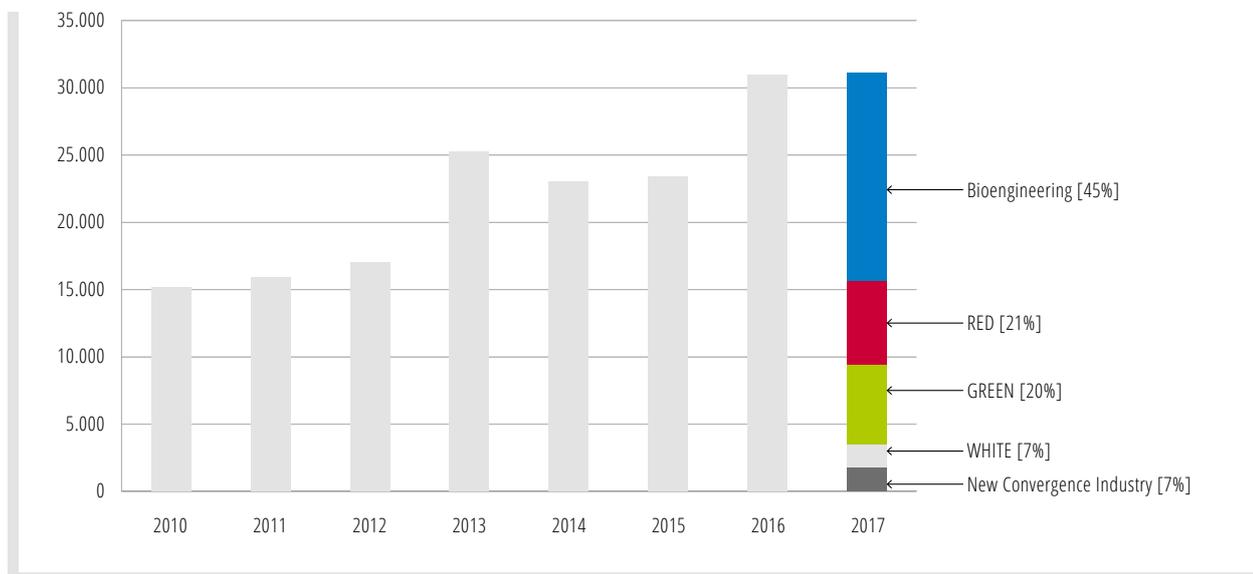
- 
- 51 German Bioeconomy Council (2005): South Korea. S. 76–78, hier S. 76. Online: <https://biooekonomie.de/sites/default/files/sud-korea.pdf>
- 52 Ministry of Science and Technology. Biotech Policy Research Center (2007) Bio Vision 2016. online: [https://www.bioin.or.kr/images/en/main/biovision2016\\_prbook.pdf](https://www.bioin.or.kr/images/en/main/biovision2016_prbook.pdf)
- 53 Siehe Fußnote 44.

2013: 18–21).<sup>54</sup> Sechs Ministerien sind in der öffentlichen Förderung der Biotechnologie involviert: Das Ministry of Science and ICT (MSIT, bzw. der Vorgänger, das bis 2017 bestehende Ministry of Science, ICT and Future Planning/MSIP), das Ministry of Health & Welfare (MOHW), das Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) sowie das Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE).

Zwischen 2010 und 2017 stiegen die Investitionen der Regierung in die Biotechnologie von um mehr als

das Doppelte von 990.852 Euro auf 2.438.946 Euro (Abbildung 4). Bezogen auf das Jahr 2017 entfiel mit 45% der größte Anteil der staatlichen Mittel auf Bioengineering, gefolgt von roter BT (21%) und grüner BT (20%): Jeweils 7% erhielten die weiße BT und der Bereich der sogenannten „new convergence industry“, die verschiedene Technologien zusammenfasst.<sup>55</sup> Darüber hinaus zeigen FuE-Ausgaben für die Biotechnologie in Zeitraum 2012 bis 2015, dass staatliche FuE-Mittel deutlich höher liegen als die FuE des privaten Sektors.

**ABBILDUNG 4: Investitionen der südkoreanischen Regierung in die Biotechnologie 2010–17 (in Euro)**



QUELLE: MSIT; Biotech Policy Research Center (BRC) (2018): *Biotechnology in Korea 2018*.

<sup>54</sup> MSIP (Ministry of Science, ICT and Future Planning (2013): *Biotechnology in Korea*. [www.bio.in.or.kr](http://www.bio.in.or.kr). Später umbenannt in Ministry of Science and ICT (MSIT).

<sup>55</sup> MSIT; Biotech Policy Research Center (BRC) (2018): *Biotechnology in Korea 2018*. Online: [https://www.kribb.re.kr/eng/file/2018\\_BIK.pdf](https://www.kribb.re.kr/eng/file/2018_BIK.pdf), am: 05.11.2019. Dem MEST-Bericht zur Biotechnologie von 2009 zufolge entsteht die „new convergence industry“ durch die Integration der BT mit Informations- und Nanotechnologien und führt zu Neuentwicklungen in vielen Bereichen, u. a. in der Medizin, Chemie, Landwirtschaft und Nahrungsmittelindustrie. Siehe Ministry of Science, Education and Technology (MEST) (2009): *Biotechnology in Korea*. Online: [https://www.kribb.re.kr/eng/file/Biotechnology\\_in\\_Korea\\_0905.pdf](https://www.kribb.re.kr/eng/file/Biotechnology_in_Korea_0905.pdf)

## Schwerpunkt: erneuerbare Energietechnologien

**Als erneuerbar oder regenerativ werden, in Abgrenzung von fossilen Quellen, jene Energieträger bezeichnet, die in absehbarer Zukunft praktisch unerschöpflich zur Verfügung stehen oder sich vergleichsweise schnell erneuern. Zu ihnen zählen Bioenergie (Biomasse), Geothermische Energie, Wasserkraft, Meeresenergie, Sonnenenergie und Windenergie. Ebenso wie die Bioökonomie stellt ein auf erneuerbaren Energieträgern beruhendes Energiesystem ein wesentliches Element einer für die Zukunft anzustrebenden postfossilen Wirtschaft dar.**

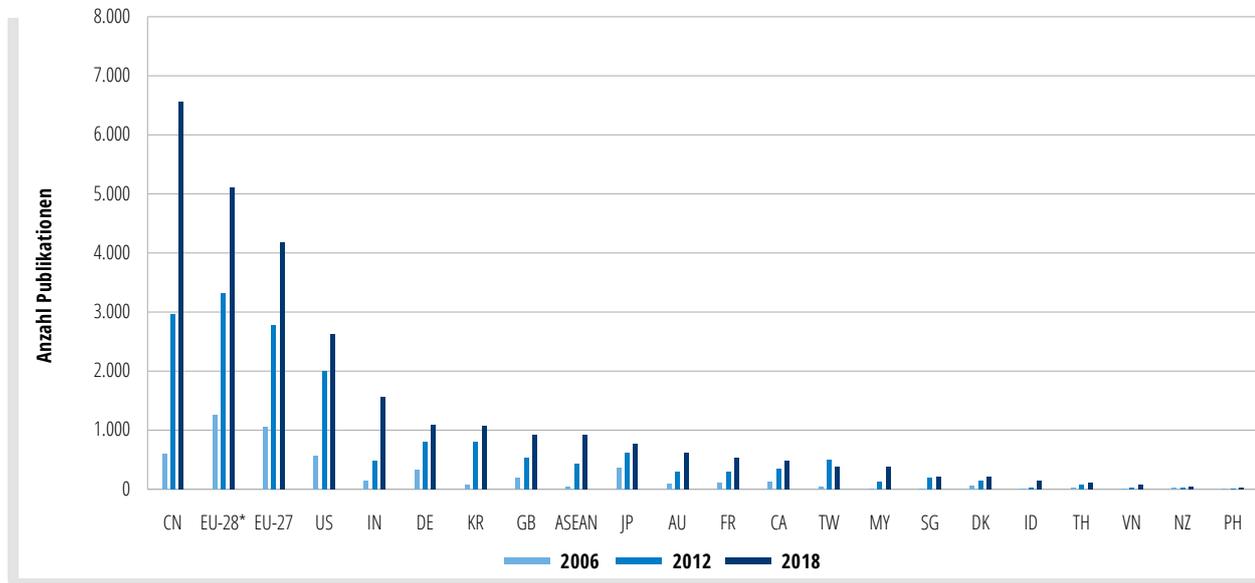
**Zur effizienten und wirtschaftlich einträglichen Nutzung erneuerbarer Energieträger bedarf es je nach Energiequelle verschiedener Technologien, die sich in unterschiedlichen Stadien der Erforschung, Entwicklung bzw. Marktreife befinden. Zwar liegen für nahezu alle der o.g. Energieträger bereits marktreife Lösungen vor, diese erreichen jedoch noch nicht in allen Bereichen Effizienzgrade im Rahmen des wirtschaftlich Gebotenen. In den letzten Jahren hat Deutschland seine Technologieführerschaft in mehreren der o.g. Bereiche zwar nicht verloren, sieht sich allerdings zunehmender Konkurrenz (auch) aus dem APRA-Raum ausgesetzt.**

Im Bereich der erneuerbaren Energien ist China bereits seit Ende der 2000er Jahre der stärkste einzelstaatliche Wissenschaftsakteur, hat Mitte der 2010er Jahre auch die Europäische Union überholt und erreicht aktuell einen Anteil von 34,9% an allen Publikationen. Unter allen in diesem Bericht analysierten Themenfeldern hat sich der Bereich der erneuerbaren Energietechnologien am deutlichsten entwickelt, die Anzahl der Publikationen hat sich im weltweiten Mittel seit 2006 verfünffacht. Diese dynamische Entwicklung konnte in der Europäischen Union sowie den USA (Faktor 4–4,5) nicht vollständig nachvollzogen werden, sodass ihre Anteile trotz steigender Absolutzahlen auf 27,2% (EU-28) / 22,2% (EU-27) bzw. 14,0% (USA) zurückgingen, was vor allem durch die massiven Aufwüchse Chinas zu begründen ist. Im gleichen Zeitraum steigerte sich der Publikationsoutput chinesischer und indischer Wissenschaftler um mehr als das Zehnfache, der koreanischer um mehr als Faktor 14 und der jener aus den ASEAN-Staaten gar um mehr als Faktor 18. Deutschland folgt damit zwar im Feld der Einzelstaaten noch gemeinsam mit Korea an vierter Stelle (5,7–5,8%), wurde aber bereits von Indien (8,3%) überholt und setzt sich nicht mehr deutlich von Großbritannien und den ASEAN-Staaten ab, die mit je 4,9% gemeinsam den fünften Rang belegen. Innerhalb der ASEAN-Staaten sticht in 2018 besonders Malaysia mit starkem Wachstum hervor und kann mittlerweile vergleichbare Absolutzahlen vorweisen wie Taiwan, wo die Anzahl der Publika-

tionen im Feld Erneuerbare Energietechnologien im Jahr 2018 gesunken ist. Auch in Indonesien ist 2018 ein vergleichsweise starkes Wachstum festzustellen.

Mit Blick auf die Patentanmeldungen erscheint zunächst einmal der deutliche Rückgang der Anmeldungen bemerkenswert, der seit 2012 alle erfassten Länder außer China und Dänemark betraf. Dieser betrug in den USA und Japan ca. 50%, in der Europäischen Union insgesamt ca. ein Drittel, in Deutschland ca. 40% und in Korea immerhin ca. 25%. Zwar konnte dieser Rückgang in der EU sowie in Deutschland seit 2014 und in den USA seit 2016 gestoppt werden, es zeichnet sich allerdings bislang auch noch keine echte Trendwende ab. Dominierend bleibt, auch nach dem Einbruch, die Europäische Union mit 41,3% (EU-28) bzw. 38,0% (EU-27), gefolgt von Japan (17,0%), den USA (14,6%), Deutschland (14,6%) und China (13,7%). China wird damit bei fortgesetzten Trends in unmittelbarer Zukunft Deutschland auf dem dritten Rang ablösen, auch Dänemark (9,4%), wo die Anmeldungen entgegen dem Trend steigen, liegt nicht mehr weit zurück. Korea ist mit 8,4% ein relevanter Akteur, im Gegensatz zu den ASEAN-Staaten, die insgesamt wenig mehr als 1% aller Aktivitäten auf sich vereinen. Jedoch ist der rückläufige Trend der Patentanmeldungen auch in den ASEAN-Staaten auffällig. Dort ist er in allen Staaten außer Vietnam zu beobachten, wo die Zahl in 2017 im Vergleich zu 2012 noch einmal stark angestiegen ist.

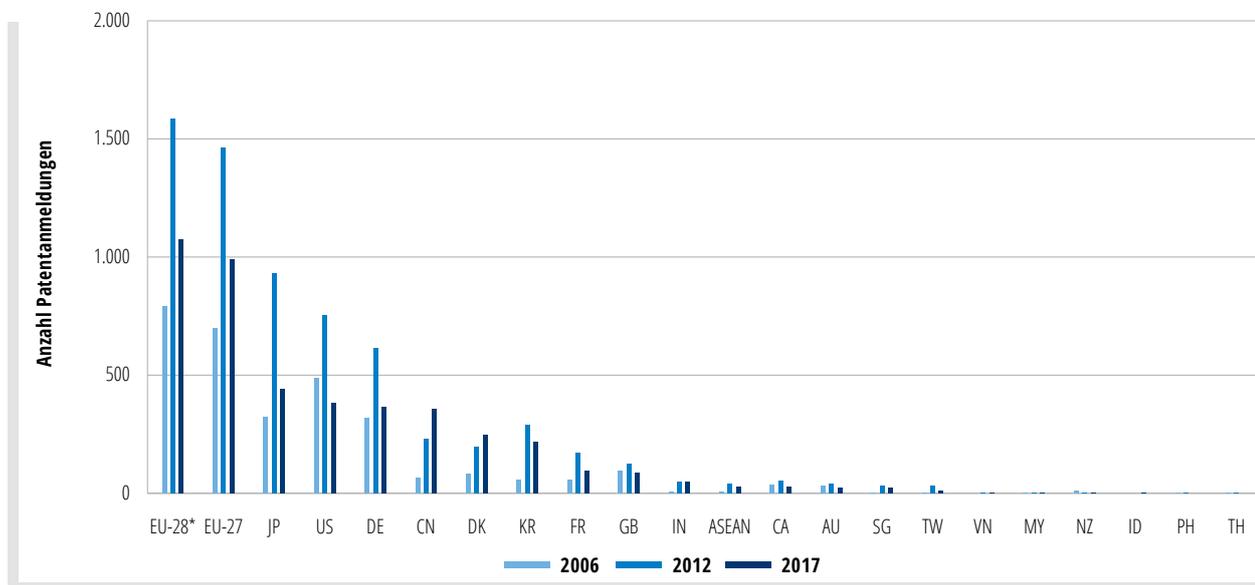
**ABBILDUNG 5: Publikationen, relevant für Erneuerbare Energietechnologien (Scopus)**



HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG 6: Patentanmeldungen, Erneuerbare Energietechnologien, (transnational)**



HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

## Forschungs- und innovationspolitische Schwerpunkte ausgewählter APRA-Länder im Bereich erneuerbare Energietechnologien

Der Einsatz erneuerbarer Energien ist mit zahlreichen Vorteilen verbunden. So können diese nicht nur einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz eines Landes leisten, sondern auch die Abhängigkeit von Energieimporten senken. Andere positive Effekte bestehen in einer größeren Versorgungssicherheit und der Vermeidung von Rohstoffkonflikten. Auch im APRA-Raum haben erneuerbare Energien an Bedeutung gewonnen und damit auch die Forschung, wie aus Wasser-, Wind- und Sonnenenergie, Biomasse und Erdwärme für Unternehmen und Konsumenten Wärme, Strom oder Biokraftstoff gewonnen werden können. Die folgenden Länderbeispiele zeigen, welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede es bei Strategien, Programmen und Akteuren gibt.

### China

#### Staatliche Ziele und Schwerpunktsetzung

Chinas rasantes Wirtschaftswachstum in den letzten Dekaden wurde durch die intensive Nutzung fossiler Energieträger ermöglicht, insbesondere der Kohle. Mit dem „Gesetz für erneuerbare Energien der VR China“ aus dem Jahr 2005 begann die chinesische Regierung, energiepolitisch umzusteuern. Der im Folgejahr angestoßene Mittel- und Langfristige Plan für die Entwicklung von Wissenschaft und Technologie (MLP 2006–20) gibt als Entwicklungsziele Durchbrüche in erneuerbaren Energien – genannt werden Energie aus Wind, Sonne und Biomasse – vor.<sup>56</sup> Noch konkreter wird der Mittel- und Langfristige Plan für die Entwicklung regenerativer Energie, den die National Development and Reform Commission (NDRC) im Jahr 2007 für den Zeitraum bis 2020 vorgestellt hatte.<sup>57</sup> In diesem Plan werden die Erschließung erneuerbarer Energiequellen als Aufgabe von großer strategischer Bedeutung für die nachhaltige Entwicklung des Landes dargestellt und ehrgeizige Ziele für ihren Ausbau formuliert. Im Gegensatz zum MLP 2006–20 mit seinem FuE-Fokus konzentriert sich der NDRC-Plan vor allem auf den Kapazitätsausbau.

Seit Mitte der 2000er Jahre haben sich Kapazitäten und Nutzungsvolumen speziell von Wind- und Solarenergie mit großer Dynamik entwickelt. China treibt nahezu allein das weltweite exponentielle Wachstum der Photovoltaikkapazitäten an. Das Land trägt nach Angaben der Internationalen Energieagentur (IEA)<sup>58</sup> fast 30% zu den weltweiten Investitionen sowohl in Wind- als auch Solartechnologien bei. Da die hohen Wachstumsraten von einem niedrigen Niveau aus erfolgen, hat sich die starke Abhängigkeit des Landes von der Kohlenutzung allerdings nicht maßgeblich verändert. Der IEA zufolge hat das Land im Jahr 2017 noch immer knapp 64% seiner Primärenergieversorgung mit Kohle abgedeckt. Erneuerbare Energien (exklusive Biomasse) machten im selben Jahr nur etwa 2,3% der Primärenergieversorgung aus. Nicht zuletzt aufgrund der immensen Bedeutung der Kohle legt die chinesische Regierung ein besonderes Augenmerk auf technische Entwicklungen für eine saubere und effizientere Kohlenutzung.

Gleichzeitig setzt die Regierung zur Überwindung der einseitigen Energieversorgung auf erneuerbare Energien – wenn auch nicht ausschließlich. Außer bei Wind- und Solarenergie hat China nach eigener Darstellung zwar noch erheblichen Nachholbedarf bei erneuerbaren Energien. Die erneuerbaren Energien konkurrieren aber mit der Atomtechnik in technischer und industriepolitischer Hinsicht um die Gunst der chinesischen Regierung. Dies spiegelt sich ebenfalls in den Daten wider. Laut IEA sind etwa 80% der Kernkraftkapazitäten des Landes erst in den letzten zehn Jahren hinzugekommen. In der WTI-Planung kommt der Aneignung von fortschrittlichen atomtechnischen Fähigkeiten ein besonderer Stellenwert zu. Auch im 13. Fünfjahresplan (2016–20) hält die chinesische Regierung an ihrer Förderung neuer Energietechnologien fest. Dies spiegelt sich sowohl im allgemeinen Fünfjahresplan<sup>59</sup> als auch in den Teilplänen für Wissenschaft, Technologie und Innovation (WTI-

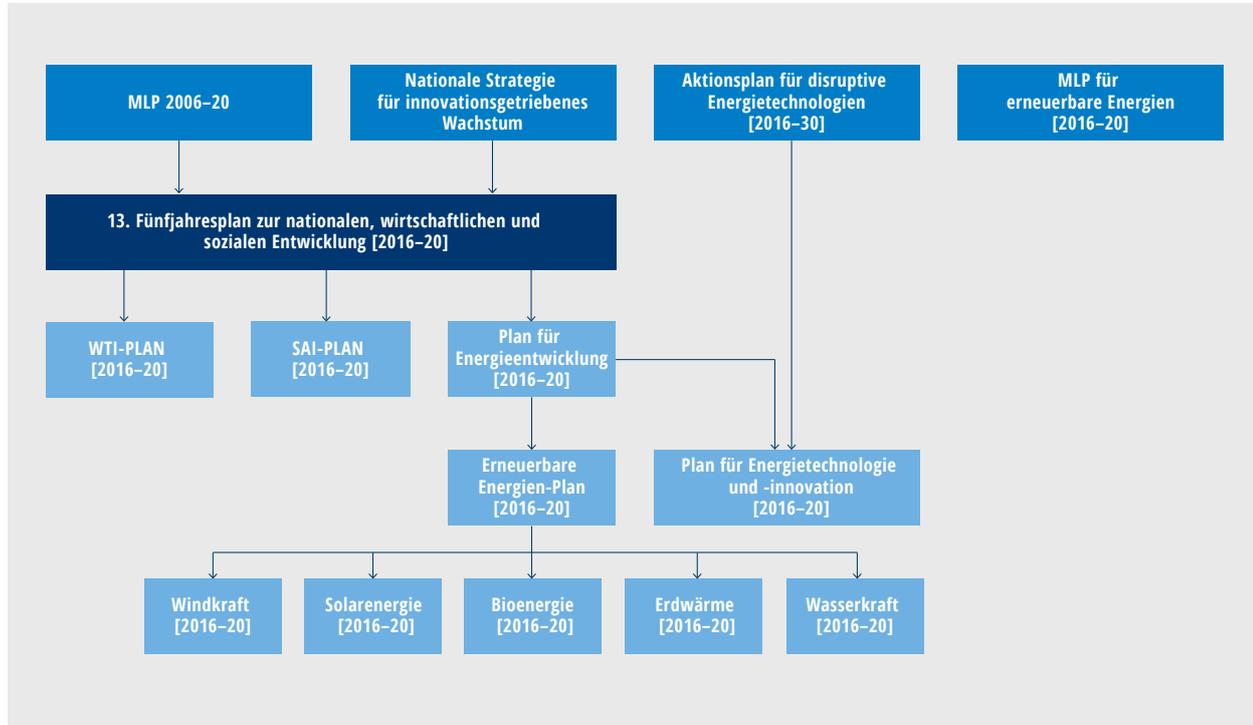
<sup>56</sup> State Council of the PRC (2006): Guojia zhongchangqi kexue he jishu fazhan guihua gangyao (国家中长期科学和技术发展规划纲要 (2006–2020年)), Mittel- und Langfristiger Plan zur Entwicklung von Wissenschaft und Technologie für die Jahre 2006–20. Online: [http://www.gov.cn/jrzq/2006-02/09/content\\_183787.htm](http://www.gov.cn/jrzq/2006-02/09/content_183787.htm)

<sup>57</sup> NDRC (2007): Kezaisheng nengyuan zhongchangqi fazhan guihua (可再生能源中长期发展规划), Mittel- und Langfristiger Plan für die Entwicklung regenerativer Energien. Online: [https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/200709/t20070904\\_962079.html](https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/200709/t20070904_962079.html)

<sup>58</sup> Quelle aller Daten ist die Internationale Energieagentur auf <https://www.iea.org/data-and-statistics>

<sup>59</sup> State Council of the PRC (2016): Zhonghua renmin gongheguo guomin jingji he shehui fazhan di shisan ge wunian guihua gangyao (中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要), Grundriss des 13. Fünfjahresplan zur nationalen wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung der VR China. Online: [http://www.xinhuanet.com/politics/2016lh/2016-03/17/c\\_1118366322.htm](http://www.xinhuanet.com/politics/2016lh/2016-03/17/c_1118366322.htm)

ABBILDUNG 7: Struktur der staatlichen Pläne für neue Energietechnologien



QUELLE: Eigene Darstellung

Plan)<sup>60</sup> und für strategische aufstrebende Industrien (SAI-Plan)<sup>61</sup> wider. Im allgemeinen Plan betont die Regierung vor allem ihre Förderungsbereitschaft für grüne, kohlenstoffarme Technologien, was sowohl Technologien zur sauberen Kohlenutzung als auch regenerative Energietechnologien einschließt. Als strategisch relevant für die industrielle Entwicklung des Landes nennt der Plan jedoch vor allem die Atomtechnik sowie die Entwicklung von Kernkraftanlagen der vierten Generation und kleiner nuklearbetriebener Systeme (kleine modulare Reaktoren). Regenerative Technologien wie die Photovoltaik neuer Generation, Windenergie, Biomasse sowie Wasserstoff- und Brennstoffzellen werden vor allem im Zusammenhang mit der Notwendigkeit des Ausbaus einer dezentralen Stromerzeugung und der Entwicklung effektiver Energiespeichungsverfahren genannt.

Hier zeigt sich der auch an anderen Stellen sichtbare Fokus der Regierung auf die Entwicklung (intelligenter) Energienetze – und den zugehörigen Technologien – als Maßnahmen für die weitere Entwicklung regenerativer Energien.

Neben dem WTI- und SAI-Plänen ist im Energiesektor ein weiterer Teilplan, der 13. Fünfjahresplan für Energieentwicklung<sup>62</sup>, relevant. Der Plan fasst vor allem die sieben staatlichen Hauptaufgaben für die Periode des Fünfjahresplanes zusammen, die sich auf verschiedene Fragestellungen wie das Energienetz, den Energiekonsum, das Energieangebot, Energietechnologien und die internationale Zusammenarbeit erstrecken. Auf Basis des vom Staatsrat vorgelegten Teilplans hat die Nationale Energiebehörde (National Energy Administration, NEA), die der NDRC

<sup>60</sup> State Council of the PRC (2016): "Shisan wu" guojia keji chuangxin guiha ("十三五"国家科技创新规划), „13. Fünfjahresplan für Wissenschaft, Technologie und Innovation. Online: [http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-08/08/content\\_5098072.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-08/08/content_5098072.htm)

<sup>61</sup> State Council of the PRC (2016): "Shisan wu" guojia zhanlüexing xinxing chanye fazhan guiha ("十三五"国家战略性新兴产业发展规划), „13. Fünfjahresplan“ für die Entwicklung strategischer aufstrebender Industrien. Online: [http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/19/content\\_5150090.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/19/content_5150090.htm)

<sup>62</sup> NDRC und NEA (2016): Nengyuan fazhan „shisan wu“ guiha (能源发展“十三五”规划), Plan für Energieentwicklung während der „13. Fünfjahresplan“-Periode. Online: <http://www.gov.cn/xinwen/2017-01/17/5160588/files/595b9ac5f61d46c4828b99-404578eba5.pdf>

unterstellt ist, weitere Pläne ausgearbeitet. Hinsichtlich erneuerbarer Energien sind zwei Unterpläne vor allem relevant. Der Plan für erneuerbare Energien gibt die Richtung für den Ausbau von Wasserkraft, Biomasse, Windkraft, Sonnenenergie und weitere erneuerbarer Energien (Erdwärme und Meeresenergie) vor<sup>63</sup>, die die Behörde in speziellen Plänen weiter präzisiert (siehe Abbildung 7). Im Hinblick auf die technologische Entwicklung hat die NEA den Plan für Energietechnologie und -innovation erstellt.<sup>64</sup> In die Planziele sind auch die Forderungen aus dem von der NDRC und NEA zusammen herausgegebenen Aktionsplan für disruptive Energietechnologien einfließen (2016–30).<sup>65</sup>

Der Aktionsplan der NDRC enthält detaillierte Roadmaps für fünfzehn spezifizierte Themengebiete. Zu den Gebieten zählen nicht nur die aus den übrigen Fünfjahresplänen bekannten Themen wie z. B. technische Innovationen zur sauberen und effektiven Kohlenutzung oder Innovationen in fortschrittlichen Kernkrafttechnologien, sondern auch bisher weniger stark betonte Felder wie Fracking-Technologien zur Gewinnung unkonventionellen Erdgases. Vier der Bereiche beziehen sich auf technische Innovationen im Zusammenhang mit der effektiven Nutzung der Solarenergie, der großangelegten Anwendung der Windkraft, Wasserstoff- und Brennstoffzellen sowie der Nutzung von Biomasse, Meeresenergie und Erdwärme.

Der Plan für Energieentwicklung unterscheidet zwischen Schlüsseltechnologien, wichtigen Anlagen und bedeutenden ingenieurwissenschaftlichen Demonstrationsprojekten für den Zeitraum 2016–20. Bei Schlüsseltechnologien benennt der Plan Technologien, die in der Periode des Fünfjahresplans eine weitverbreitete Anwendung finden sollen (z. B. Biodiesel), Technologien zur Demonstrationszwecken (z. B. Kraft-Wärme-Kopplung mit Biomasse, Materialien für Solarbatterien) sowie Technologien, die verstärkt zu entwickeln sind (z. B. Biokerosin, Technologien zur

Netzsynchrisation für neue Energien, neue effiziente Batteriespeicher, Wasserstoff und Brennstoffzellen). Im Hinblick auf wichtige Anlagen fokussiert der Plan auf solche für Kohle, Öl und Gas sowie Elektrizitätsanlagen. Dies ist auch der Fall hinsichtlich der ingenieurwissenschaftlichen Demonstrationsprojekte, die Projekte zu neuen Energien mit einschließen. Dazu gehören Offshore-Windparks; große Photovoltaikanlagen; multimodale, dezentrale Energiesysteme; Kaskadennutzung von Biomasse; Inselnetze; Hot-Dry-Rock-Verfahren zur Stromerzeugung aus Erdwärme; Gezeitenkraftwerke und Abbau von Gashydraten.

Ausgehend von den beiden genannten Plänen definiert der Plan für Energietechnologie und -innovation die fünf wichtigsten staatlichen Aufgabenbereiche für die chinesische Entwicklung in den Energietechnologien bis 2020 (siehe Tabelle 15). Wie in den anderen Plänen richten sich zwei Hauptaugenmerke auf die saubere Nutzung der Kohlekraft und die strategische Bedeutung der Atomtechnik, während erneuerbare Energien im Kontext des Stromnetzausbaus genannt werden. Im Zusammenhang mit diesen drei Bereichen selektiert der Plan insgesamt sieben strategische Technologiefelder, von denen die Themenbereiche Brennstoffzellen und Supraleiter-Technologie dem Ausbau regenerativer Energien und zukunftsicherer Stromnetze besonders dienlich sind. Ferner enthält der Plan einen eigenen Aufgabenbereich für Materialtechnologien, der u. a. Batteriematerialien und Katalysatormaterialien (z. B. Brennstoffzellen) als Fokusthemen benennt.

### Staatliche Programme und Akteure

Als eine der strategischen aufstrebenden Industrien genießen neue Energietechnologien die Aufmerksamkeit der Regierung. Bei den erneuerbaren Energien und auch anderen „neuen“ Energietechnologien lassen sich klare Erfolge identifizieren. So hat die NDRC angesichts der raschen Kapazitätsausweitung bereits im Jahr 2017 die Ziele für 2020 durch

- 63 NDRC (2016): Kezaisheng nengyuan fazhan „shisanwu“ guihua (可再生能源发展“十三五”规划), Plan für die Entwicklung erneuerbarer Energien während der „13. Fünfjahresplan“-Periode. Online: <http://yndrc.yn.gov.cn/files//2019-7/%E5%8F%AF%E5%86%8D%E7%94%9F%E8%83%BD%E6%BA%90%E5%8F%91%E5%B1%95%E2%80%9C%E5%8D%81%E4%B8%89%E4%BA%94%E2%80%9D%E8%A7%84%E5%88%92.pdf>
- 64 NEA (2016): Nengyuan jishu chuangxin „shisanwu“ guihua (能源技术创新“十三五”规划), Plan für Energietechnologie und -innovation während der „13. Fünfjahresplan“-Periode. Online: [https://www.ndrc.gov.cn/fggz/fzzlgh/gjjzxgh/201708/t20170809\\_1196881.html](https://www.ndrc.gov.cn/fggz/fzzlgh/gjjzxgh/201708/t20170809_1196881.html)
- 65 NDRC und NEA (2016): Nengyuan jishu geming chuangxin xingdong jihua (能源技术革命创新行动计划 (2016–30 年)), Aktionsplan für disruptive Energietechnologien (2016–30). Online: <http://www.gov.cn/xinwen/2016-06/01/5078628/files/d30fbc1ca23e45f3a8de7e6c563c9ec6.pdf>

TABELLE 15: Schwerpunktbereiche in den Energietechnologien (2016–20)

HAUPTAUFGABENBEREICHE	SCHWERPUNKTTHEMEN
Technologien zur sauberen und effizienten Nutzung fossiler Energiequellen	Intensive Exploration und Entwicklung fossiler Energiequellen
	Verarbeitung und Umwandlung sauberer Brennstoffe
	Saubere Energieerzeugung aus Kohle
Stromnetztechnologien für neue Energien	Effektive Nutzung erneuerbarer Energien
	Netzsynchrisation und Durchleitung erneuerbarer Energien
	Energiespeicher und Energie-Internet
Sichere und fortschrittliche Atomtechnik	Sichere und fortschrittliche Reaktoren
	Fortschrittliche Kernbrennstoffe
	Errichtung, Betrieb und Laufzeitverlängerung
Strategische Energietechnologien	Gasturbinen
	Besonders saubere hochenergetische Kraft- und Brennstoffe
	Schwimmende Kernkraftwerke
	Wasserstoff und Brennstoffzellen
	Supraleiter-Technologie für Stromnetze
	Gashydrate
Grundlegende Materialtechnologien für den Energiebereich	Kontrollierte Kernfusion
	Hochtemperaturwerkstoffe
	Nukleare Materialien
	Batteriematerialien
	Katalysatormaterialien
	Fortschrittliche leistungselektronische Geräte

QUELLE: Plan für Energietechnologie und -innovation

TABELLE 16: Vorgängerprogramme des Nationalen Schlüsselprogramms für FuE (in Mio. Euro)

PROGRAMMNAME	BEREICH	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
973 Programm	Energiewissenschaften	33,06	35,63	23,40	28,41	31,29	41,04	36,43
Key Technologies R&D Programm	Energie	17,31	19,60	29,38	26,92	29,32	43,94	8,91
863 Programm	Fortgeschrittene Energie		104,62	55,80	38,23			

QUELLE: National Bureau of Statistics (2018) 2018 China Statistical Yearbook on Science and Technology, Beijing: China Statistics Press.

Ergänzungspläne für Windenergie, Photovoltaik und Bioenergie nach oben angepasst.<sup>66</sup> Gleichzeitig gibt es bei wissenschaftlichen Publikationen und Patenten eine dynamische Entwicklung.

Inwiefern die Entwicklung in der chinesischen Forschung direkt mit den Fördermaßnahmen der Regierung in Zusammenhang steht, ist dabei schwer auszumachen. Dies liegt vor allem daran, dass verlässliche Zahlen auf dem Gebiet fehlen. Die Förderung der National Natural Science Foundation of China (NSFC) bezieht sich auf einzelne Fachdisziplinen. Daraus resultiert, dass sich Forschungsprojekte zu neuen Technologien in den verschiedenen Disziplinen verstecken. Ingenieur- und Materialwissenschaften gehören bezüglich der NSFC-geförderten Grundlagenforschung mit den Gesundheitswissenschaften zu den Bereichen mit dem höchsten Förderungsvolumen. Dies schließt die im Plan für Energietechnologie und -innovation genannten Materialtechnologien mit ein, geht allerdings weit über diese hinaus.

Bei dem neu initiierten Nationalen Schlüsselprogramm für FuE liegt bisher nur ein Wert für das Gesamtfördervolumen des Jahres 2016 vor (ca. 1,41 Mrd. Euro).<sup>67</sup> Allerdings können die Vorgängerprogramme einige Anhaltspunkte zur Einschätzung der Größenordnung der Fördermaßnahmen speziell für den Energiebereich bieten. Zu den wichtigsten Vorgängerprogrammen des Schlüsselprogramms für FuE gehörte das 973 Programm, das der Förderung der missionsorientierten Grundlagenforschung diente, das Nationale FuE-Programm zur Förderung der Aneignung von Kompetenzen in Schlüsseltechnologien und das 863 Programm, mit dem die Hochtechnologieforschung gefördert wurde. Zuletzt hatten die Energiewissenschaften jährlich etwa einen Anteil von 10% der Grundlagenforschung des 973 Programms gehabt. Im Jahr 2016 entsprach dies einer Fördersumme von etwa 36 Mio. Euro (siehe Tabelle 16). Die Förderung der Energietechnologien durch das ehemalige Key Technologies R&D Program hatte zu Spitzenzeiten in den Jahren 2014 und 2015 einen Gesamtwert, der sich auf Augenhöhe mit dem des 973-Programms befand. Allerdings machte dies dennoch lediglich einen Anteil

von um die 4% der Gesamtfördermenge des besagten Programms aus. Für das 863-Programm liegen nur wenige Daten vor, die darauf hinweisen, dass die jährliche Fördermenge für jeden Schwerpunktbereich starken Schwankungen unterlag.

Bei den o.g. Daten ist zu beachten, dass die Förderung sich auf „neue“ Technologien bezieht und damit über die erneuerbaren Energien hinausgeht. Tatsächlich zeigen die relevanten Pläne eine dreigeteilte Strategie, die auf die umweltschonende Nutzung fossiler Energieträger, die Entwicklung der Atomtechnik und die Förderung erneuerbarer Energien abzielt. Dies spiegelt sich in der Auswahl der Schlüsselprojekte im Nachfolgeprogramm, dem Nationalen Schlüsselprogramm für FuE, wider. Das Programm fördert individuelle Projekte aus insgesamt 65 vorselektierten Projektthemen für einen Zeitraum von gewöhnlich fünf Jahren. In dem Programm sind vier Projektfelder für neue Energietechnologien vorgesehen. Dabei handelt es sich um folgende Projekte:

Technologien zur sauberen und effizienten Kohleenergieerzeugung und zur Energieeinsparung (Laufzeit 2015–20),

1. Technologien und Anlagen für intelligente Stromnetze (Laufzeit 2015–20),
2. Reaktorsicherheit und neue Kernenergie-technologien (Laufzeit 2018–23),
3. Erneuerbare Energiequellen und Wasserstoff-Energietechnologien (Laufzeit 2018–23).

Letzterer Bereich ist in sechs Unterthemen aufgeteilt. Dabei handelt es sich um Solarenergie, Windkraft, Energie aus Biomasse, Erdwärme und Meeresenergie, Wasserstoff als Energieträger sowie Technologien zur Kopplung und Systemintegration von erneuerbaren Energien. Darüber hinaus benennt der Bereich „Wissenschaftliche Schlüsselfragen zu disruptiven Technologien“ (Laufzeit 2017–22) Energie als eines der fünf zu bearbeitenden Technologiefelder.

Neben der Grundlagenforschung der NSFC sowie der missionsorientierten Grundlagen- und angewandten

<sup>66</sup> China Electricity Council (2017): Guojia nengyuanju yinfa «Guanyu kezaisheng nengyuan fazhan „shisanwu“ guihua» shishi de zhidao yijian (关于可再生能源发展“十三五”规划实施的指导意见), Richtlinien der NEA zur Durchführung des Plans für die Entwicklung erneuerbarer Energien während der „13. Fünfjahresplan“-Periode. Online: <http://www.cec.org.cn/yaowenkuaidi/2017-08-01/171575.html>

<sup>67</sup> National Bureau of Statistics (2018): 2018 China Statistical Yearbook on Science and Technology, Beijing: China Statistics Press.

Forschung des Nationalen Schlüsselprogramms sind die anwendungsorientierten Megaprojekte ein wesentliches Element der chinesischen Innovationspolitik (siehe 1. APRA-Bericht). Bis einschließlich 2020 liegt der Fokus der Megaprojekte im Energiesektor auf der Entwicklung von Öl- und Gasfeldern sowie der Entwicklung fortschrittlicher Kernreaktoren. Mit den im WTI-Plan genannten Megaprojekten für die kommenden zehn Jahre bis 2030 wurden zwei neue Themenfelder selektiert, die nicht nur in den Plänen der 13. FJP-Periode (2016–20) bereits schwerpunktmäßig enthalten sind, sondern bisher – im Zeitraum 2015–20 – im genannten Schlüsselprogramm bearbeitet worden sind. In den neuen Megaprojekten sollen einerseits Technologien zur sauberen und effizienten Kohlennutzung zum Einsatz kommen und andererseits intelligente Energieversorgungsnetze aufgebaut werden, die die notwendige Flexibilität und Steuerungsfähigkeit aufweisen, um mit der zunehmenden Volatilität und Dezentralität der Energieerzeugung durch erneuerbare Energien umzugehen. In diesem Zusammenhang dürfte mit einer weiteren Förderung wichtiger Stromnetztechnologien zu rechnen sein. Auch wenn die chinesische Regierung offenbar keine Daten über das Fördervolumen bei den Megaprojekten herausgibt, lässt sich vermuten, dass dieses Programm relativ gut mit Fördermitteln ausgestattet ist.

Zur Förderung von Spitzenforschung und -entwicklung unterhält der chinesische Staat zusätzlich ein weitverzweigtes System von Schwerpunktlaboren für qualifizierte Forschergruppen, die in Universitäten, öffentlichen Forschungsinstituten und Firmen angesiedelt sind (siehe Abschnitt Bioökonomie). Dazu gehören nicht nur die staatlichen Schwerpunktlabore des MOST, sondern auch Schwerpunktlabore, die von anderen Ministerien, der CAS oder Lokalregierungen unterstützt werden. Insbesondere die akademischen Schwerpunktlabore sind disziplinär auf Bereiche wie Chemie, Materialforschung und Ingenieurwissenschaften ausgerichtet, so dass, wie im Fall der NSFC, nur selten eine Spezialisierung auf energietechnische Themen besteht. Unter den Schwerpunktlaboren des MOE befinden sich dennoch einige spezialisierte Labore wie das Schwerpunktlabor für die Nutzung

der Meeresenergie und Energieerhaltung der Dalian University of Technology und Labore einiger weiterer zumeist an den westlichen und nördlichen Grenzen Chinas liegender Universitäten. Im akademischen Bereich fördert insbesondere die CAS eigene Labore, die sich Themenbereiche der erneuerbaren Energien wie Wind-, Solar und Bioenergie annehmen.

Gerade bei Fragestellungen der erneuerbaren Energien überrascht die geringe Anzahl akademischer staatlicher Schwerpunktlabore und ingenieurwissenschaftlicher Forschungszentren. Stattdessen werden in diesem Bereich vom MOST besonders viele Firmenlabore und -zentren gefördert.<sup>68</sup> Unter den geförderten Unternehmen befinden sich Yingli Solar, Trina Solar und Jiangxi LDK Solar Technology für Solarenergie und Beijing Goldwind und Zhejiang Windey für die Windkraft.

## Japan

### Staatliche Ziele und Schwerpunktsetzung

Japan ist ein an fossilen Energieträgern rohstoffarmes Land, das stark auf Energieimporte angewiesen ist. Zwischen der Ölkrise der 1970er Jahre und der Nuklearkatastrophe in Fukushima 2011 bildete Kernenergie daher das Rückgrat der japanischen Energieversorgung (30% der Energieversorgung des Landes). Ziel war es, die Abhängigkeit des Landes von Rohstoffimporten aus geopolitisch instabilen Regionen zu verringern. Nach der Katastrophe wurden alle 54 Kernreaktoren Japans abgeschaltet und Inspektionen unterzogen. Das Ergebnis war, dass 12 Reaktoren permanent vom Netz genommen wurden und zurückgebaut werden. Die restlichen Reaktoren sollen nach Sicherheitsinspektionen sukzessive wieder ans Netz gehen; mit Stand März 2020 sind 9 Reaktoren an 5 Kraftwerkstandorten wieder in Betrieb.<sup>69</sup>

Hohe und volatile Energiepreise und ihr negativer Einfluss auf die japanische Wirtschaft sowie die gestiegene Abhängigkeit von Importen waren wichtige Triebfedern für die Regierung, die Rahmenbedingungen für den Ausbau erneuerbarer Energien zu verbessern. Als im Juli 2012 die Einspeisevergütung (feed-in-tariff, FIT) für erneuerbare Energien eingeführt wurde,

<sup>68</sup> Bei den staatlichen Schwerpunktlaboren für Firmen sind 17 im Bereich Energie angesiedelt. Von den 360 Nationalen Ingenieurwissenschaftlichen Forschungszentren sind ebenfalls 17 im Bereich Energie. Der überwiegende Teil ist in Firmen untergebracht (13). Lediglich jeweils zwei Zentren sind in Universitäten und Forschungsinstituten untergebracht.

<sup>69</sup> O.V (2020): Japan's Nuclear Power Plants. 10. März. Online: <https://www.nippon.com/en/features/h00238/japan%E2%80%99s-nuclear-power-plants.html>

fürte dies zu einem regelrechten Boom der Photovoltaik (PV)-Industrie mit jährlichen Wachstumsraten von rund 20%. Die Kapazität der Solarenergie stieg seitdem um mehr als 600% auf insgesamt 49 GW im Jahr 2017 (auch wenn diese nicht komplett genutzt und eingespeist werden konnte). Sie ist damit größer als die in Deutschland installierte Kapazität und liegt hinter China und den USA auf dem dritten Platz. Der sonstige Anteil an erneuerbaren Energien werden durch Wasserkraft (28,2 GW), Windenergie (3,4 GW), Bioenergie (2,2 GW) sowie Geothermie (531 MW) bereitgestellt, die ebenfalls von der Einspeisevergütung profitieren. Je nach Anlagengröße und Energieträger gilt eine Preisgarantie für 10 bis 20 Jahre.

Der Großteil der nach der Fukushima-Katastrophe weggefallenen Kernenergie wurde durch steigende Importe fossiler Brennstoffe, insbesondere LNG und Kohle, sowie Energiesparmaßnahmen ausgeglichen. Die Importabhängigkeit Japans war dadurch von rund 80% (2010) auf 93% (2012) gestiegen. Seitdem tragen die fossilen Energieträger vermehrt zum heimischen Energiemix bei. Erdöl (41,3%), Erdgas (22,1%) und Kohle (26,4%) machten 2017 mehr als 90% des Primärenergieverbrauchs aus. Aktuell ist Japan der größte LNG-Importeur weltweit. Der Anteil der Nuklearenergie lag 2018 bei ca. 3,1%. Der Anteil an erneuerbaren Energien am Primärenergiemix betrug 2018 ca. 5%, am Strommix ca. 16%<sup>70</sup>; dies ist eine deutliche Steigerung gegenüber 10% im Jahr 2010.<sup>71</sup> Nach Wasserkraft (7,9%) hat Solarenergie mit 5,4% den zweitgrößten Anteil; eine Steigerung um das 10fache seit 2013<sup>72</sup>, Windenergie hat einen Anteil von 1% (Steigerung um 1,4% seit 2013), Biomasse von 1,6% (Steigerung um 1,2% seit 2013) und Geothermie von 0,2%.

Im Jahr 2016 verabschiedete das Council for Science, Technology and Innovation (CSTI) die National Energy and Environment Innovation Strategy for Technological Innovation towards 2050<sup>73</sup>. Diese Strategie gibt gemeinsam mit dem vom METI vorgelegten *Basic*

*Energy Plan* die grundsätzliche Entwicklungsrichtung der japanischen Energiepolitik vor. Auch andere Ministerien haben Energiepläne aufgestellt, und teilweise laufen Initiativen verschiedener Ministerien parallel. So gibt es z. B. den *Basic Environment Plan* des Umweltministeriums (MOE), den *Act on Renewable Energy in Agriculture, Forestry and Fishery Villages and the solar sharing* (PV systems on farmlands) des Ministeriums für Agrar-, Forst- und Fischereiwirtschaft (MAFF). Vor diesem Hintergrund gab es immer wieder den Ruf nach einer stärkeren Koordinierung der Energiepolitik.

Die Regierung verabschiedete im Juli 2018 den 5. *Basic Energy Plan*, der die wichtigsten politischen Maßnahmen im Hinblick auf die Entwicklung des Energiebedarfs des Landes bis 2030 und teilweise bis 2050 umreißt.<sup>74</sup> Im Mittelpunkt des Plans steht die Aussage, dass das Land langfristig über eine nachhaltige und unabhängige Energieversorgung verfügen soll, die zur Entwicklung der Wirtschaft und zum Wohlstand des Landes beiträgt. Dieses Ziel drückt sich in den sogenannten 3E + S-Grundsätzen aus (energy security, environment, economic efficiency + safety) seit Fukushima.

Für 2030 hat die Regierung zwei Ziele gesetzt, und zwar die Reduzierung der Treibhausgase um 26% und Garantie eines zuverlässigen Energiemix. Der Energieplan geht davon aus, dass die Bruttostromerzeugung im Zeitraum bis 2030 gegenüber 2016 kaum zunehmen und insgesamt etwa 1.065 Terawattstunden umfassen wird. Dazu sollen vor allem weitere Energieeffizienzmaßnahmen beitragen. Der Energiemix sieht eine relative Gleichverteilung der Anteile verschiedener Energieträger vor. Bei der Stromerzeugung im Jahr 2030 soll Nuklearenergie etwa 20–22% am Energiemix ausmachen (vor Fukushima: 30%). Der Anteil von erneuerbaren Energien soll zwischen 22–24% liegen (vor Fukushima: 10%); Der Anteil der Solarenergie soll etwa 7%, der Wasserkraft 9%, der

70 [https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/energy2018/html/007/img/q7\\_01.png](https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/energy2018/html/007/img/q7_01.png)

71 Zum Vergleich hier der Anteil erneuerbarer Energien am Energiemix in anderen Ländern: Indien 17%, USA 18%, Frankreich 18%, China 26%, UK 29%, Spanien 31%, Italien 32%, Deutschland 36%, Portugal 44%, Dänemark 46%, Schweden 58%; Arias, Jonathan (2018): Solar Energy, Energy Storage and Virtual Power Plants in Japan. Tokyo: EU-Japan Centre for Industrial Cooperation. Online: [https://www.eu-japan.eu/sites/default/files/publications/docs/min18\\_1\\_arias\\_solarenergy-energystorage-andvirtualpowerplantsinjapan.pdf](https://www.eu-japan.eu/sites/default/files/publications/docs/min18_1_arias_solarenergy-energystorage-andvirtualpowerplantsinjapan.pdf)

72 Japans geschätzte Stromerzeugung aus Solarenergie ist mit einem Anteil von 5,4% an der Bruttostromerzeugung mit circa 46 Terawattstunden mit Deutschland vergleichbar (40 Terawattstunden; 6,2%).

73 CSTI (2016): National Energy and Environment Innovation Strategy for Technological Innovation towards 2050. Online: [https://www8.cao.go.jp/cstp/nexti/honbun\\_e.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/nexti/honbun_e.pdf)

74 Der vollständige Bericht und die Übersicht (auf Japanisch) sind auf der METI-Website verfügbar.

Biomasse zwischen 3,7 und 4,6% und der Windkraft 1,7% erreichen. Der Anteil an fossilen Brennstoffen soll von 65% vor 2011 auf 56% in 2030 gesenkt werden (mit Flüssiggas sollen dann 27% des Bedarfs gedeckt werden; mit Kohle<sup>75</sup> und Erdöl 26% bzw. 23%). Allerdings wird dabei vorausgesetzt, dass die bestehenden Kernkraftwerke normal produzieren und ihre Betriebsdauer von der Nuclear Regulation Authority um zusätzliche 20 Jahre ausgedehnt wird. Denn nach den geltenden Bestimmungen sind Atommeiler nach 40 Jahren Betriebszeit stillzulegen. Dies würde bis 2030 für viele Anlagen zutreffen, so dass für denselben Nuklearanteil von einem Fünftel am Energiemix neue Atomkraftwerke gebaut werden und 2030 insgesamt 30 Atomkraftwerke betrieben werden müssten. Weiterhin sieht der Energieplan die Förderung von Wasserstoff-Energiespeichern und dezentralen Energiesystemen vor. Insgesamt soll Japans Selbstversorgungsrate um bis zu 25% im Vergleich zum Jahr 2011 erhöht werden. Allerdings muss sich Japan einer großen Herausforderung beim Ausbau erneuerbarer Energien stellen. So existiert ein stark fragmentiertes Stromversorgungssystem, das in zehn Bereiche unterteilt ist, die von etablierten Monopolbetreibern mit begrenzter Netzintegration und geringen kommerziellem Anreizen zur Förderung einer raschen Nutzung erneuerbarer Energien betrieben werden.

Der Plan beinhaltet auch langfristige Ziele bis 2050, allerdings in eher allgemein gehaltener Form wie beispielsweise die Reduzierung der Treibhausgase um 80% und eine Energiewende ohne fossile Brennstoffe. Hier erwartet die Regierung viel von der technologischen Entwicklung in den Bereichen Wasserstoff, Energiespeicherung und digitale Technologien, der weiteren Verbesserung der Sicherheit nuklearer Anlagen, der geringeren Nutzung von Gas und Kohle und einer weiteren Dezentralisierung wie z. B. in Form von Kleinststromnetzen (micro grids).

Neben der Umsetzung von Energiesparmaßnahmen und der Einführung erneuerbarer Energien strebt die Regierung den Aufbau einer sogenannten Wasserstoffgesellschaft als Schlüssel für die Energiesicherheit und den Kampf gegen die globale Erwärmung

an. Entsprechend hat das METI im Dezember 2017 die Basic Hydrogen Strategy (2050) verabschiedet.<sup>76</sup> Mit der Umstellung der gesamten Wirtschaft und Gesellschaft Japans auf Wasserstoff soll die direkte Versorgung durch fossile Energieträger beendet werden. Die vielfältigen Herstellungsmöglichkeiten von Wasserstoff sollen dabei die nach Ansicht Japans geopolitisch sensiblen Rohstoffabhängigkeiten lösen. Die *Basic Hydrogen Strategy* illustriert die übergreifende Vision einer „kohlestofffreien Gesellschaft“ bis 2050 und umfaßt einen Maßnahmenplan, um wichtige Zwischenziele bis 2030 zu erreichen. So soll beispielsweise der Endkundenpreis von Wasserstoff von aktuell ca. 10 US-Dollar/kg auf 3 US-Dollar/kg bis 2030 gesenkt werden. Bis 2050 soll eine Kostenparität mit fossilen Energieträgern erreicht werden. Zudem stellt die Kostenreduktion der Brennstoffzellentechnologie ein wichtiges Ziel für die Zeit bis 2030 dar. In der ersten Umsetzungsphase bis 2030 setzt Japan auf die Nutzung von „grauem“ Wasserstoff, der im Prozess der Erdgasreformierung sowie als Nebenprodukt der Chemieproduktion anfällt. Ab 2030 soll dann der Übergang zum CO<sub>2</sub>-freien Wasserstoff stattfinden. Als Ausgangsenergieträger sieht die Regierung neben den erneuerbaren Energien (mittels Elektrolyse) auch Braunkohle (mittels Kohlevergasung) in Kombination mit einer Carbon Capture Storage (CCS) vor. In Japan werden Endprodukte als CO<sub>2</sub>-freier Wasserstoff bezeichnet.

Die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie wird eine wichtige Rolle bei Anwendungen wie stationärer und tragbarer Energieversorgung, Energiespeicherung und Transport spielen. Die Regierung fördert auch neue Unternehmen, die auf Smart Community-bezogenen Technologien wie Demand Response (DR), Virtual Power Plant (VPP) und Blockchain-Technologie basieren, um die Energieeffizienz durch verteilte Erzeugung, Speicherung und Handel von Energie zu steigern. Als wichtiger Bestandteil der Strategie will Japan Wasserstofftechnologien weltweit verbreiten und internationale Kooperationen aufbauen (z. B. über einen Hydrogen Council). Die Olympischen Spiele 2020 in Tokio, die aufgrund der Corona-Krise verschoben werden mussten, waren als Schaufenster

<sup>75</sup> Die Regierung plant die Errichtung von 30 neuen Kohlekraftwerken mit strengen Effizienzanforderungen.

<sup>76</sup> Eine vorläufige englischsprachige Übersetzung findet sich unter: METI (2017): Basic Hydrogen Strategy (2050). Online: [https://www.meti.go.jp/english/press/2017/pdf/1226\\_003b.pdf](https://www.meti.go.jp/english/press/2017/pdf/1226_003b.pdf); zu den wichtigsten Punkten der Strategie siehe [https://www.meti.go.jp/english/press/2017/pdf/1226\\_003a.pdf](https://www.meti.go.jp/english/press/2017/pdf/1226_003a.pdf)

für Japans neue Politik vorgesehen gewesen. Das gesamte olympische Dorf sollte beispielsweise mit Energie aus Wasserstoff versorgt werden. Darüber hinaus waren für den Transport der Athleten vor Ort Busse mit Brennstoffzellenantrieb eingeplant gewesen.

Erneuerbare Energien werden auch durch verschiedene Maßnahmen auf lokaler Ebene/ Kommunalregierungsebene unterstützt, da Lokalregierungen ihre eigenen Umweltziele festlegen. Beispielsweise hat sich die Präfektur Fukushima als Ziel gesetzt, bis 2040 mit erneuerbaren Energien zu 100% energieautark zu werden. Die Präfektur Nagano will bis 2050 rund 70% der Stromversorgung durch erneuerbare Energien decken; Kyoto hat die Installation von 3 kW Solar-PV oder Solar-Wasser-Heizung (SWH) in allen großen Gebäuden vorgeschrieben. Ein weiteres Beispiel ist die Stadt Lida (Präfektur Nagano), die im Jahr 2012 eine kommunale Verordnung zur leichteren Entwicklung von Projekten für erneuerbare Energien auf Gemeindeebene angekündigt hat.<sup>77</sup> Zwei Initiativen sind noch erwähnenswert, und zwar die Initiative für intelligente Städte und die Initiative für Biomassestädte.

#### Staatliche Programme und Akteure

Um den anvisierten Anteil der erneuerbaren Energien am Energiemix bis 2030 (22–24%) zu erreichen, hat die Regierung das Budget für diesen Bereich entsprechend erhöht. Insgesamt stellte die Regierung zur Förderung des Energiebereichs JPY 95.88 Billionen (790 Mrd. Euro) im Jahr 2018 bereit. Davon sind 936,8 Mrd. JPY für das Sonderkonto für Energieresourcen reserviert, das ein zusätzliches Budget für das METI darstellt. Die Hälfte dieses Budgets steht in direktem Zusammenhang mit Projekten zu erneuerbaren Energien.<sup>78</sup> Zudem hat die Regierung 116.4 Mrd. JPY zur Förderung der erneuerbaren Energien für alle Ministerien bereitgestellt: METI, MEXT, MAFF, MIAC (Ministry of Internal Affairs and Communications) und MLIT.

Die dem METI unterstellte Forschungsförderorganisation NEDO ist maßgeblich für die Ausgestaltung konkreter anwendungsorientierter Forschungsprogramme im Energiebereich verantwortlich und hat hier eine zentrale Koordinierungsfunktion zwischen Politik, Wirtschaft und Wissenschaft. Sie leistet damit einen wichtigen Beitrag zum Technologietransfer. Im Fiskaljahr 2019 betrug das Budget der NEDO 1,43 Mrd. US\$.<sup>79</sup> Zu den prioritären Technologiefeldern der NEDO gehören Energieeffizienz und -einsparung, erneuerbare Energiequellen, „Clean-Coal“-Technologien und Ressourcenschonung. Zudem führt die NEDO zusammen mit Industriepartnern sowohl in Japan als auch international Pilot-, Demonstrations- und Modellvorhaben durch. Die Unterstützung japanischer Unternehmen bei der Erschließung internationaler Märkte gehört dabei zu den zentralen Aufgaben der NEDO.<sup>80</sup> Vor diesem Hintergrund spielt sie auch eine wichtige Rolle in der Umsetzung der Wasserstoffstrategie Japans.

Die Grundlagenforschung im Energiebereich unterliegt dem MEXT. In Bezug auf Energie wird ein besonderer Fokus auf Fusionsforschung und die damit verbundenen internationalen Forschungsk Kooperationen wie z.B. dem International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) gelegt. Weitere Energie- und Umweltthemen werden von der Abteilung für Umwelt und Energie im MEXT bearbeitet. Der Fokus des MEXT liegt auf der Zusammenarbeit mit universitären Forschungseinrichtungen.

Der Council for Science Technology and Innovation (CSTI) ist das strategische Regierungsgremium, das für die Entwicklung und Koordinierung einer einheitlichen STI-Politik in allen relevanten Sektoren zuständig ist und den Basisplan für Wissenschaft und Technologie formuliert. Zu den Schwerpunktthemen des CSTI gehört u. a. der Energiebereich. So erstellte CSTI im Jahr 2016 die „National Energy and Environment Strategy for Technological Innovation towards 2050“ – ein Strategieplan für Technologieentwicklung im

- <sup>77</sup> Lambrecht, Stijn (2014): The Clean Energy Sector in Japan. An Analysis on Investment and Industrial Cooperation Opportunities for EU SMEs. Online: <https://www.eu-japan.eu/sites/default/files/publications/docs/clean-energy-paper27feb-b-finale.pdf>
- <sup>78</sup> Japanische online-Quellen dazu wie folgt: [https://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan\\_fy2017/pdf/energy2.pdf](https://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2017/pdf/energy2.pdf); [http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/saisei\\_energy2/dai4/sankou1.pdf](http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/saisei_energy2/dai4/sankou1.pdf); [https://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan\\_fy2020/pdf/energy1.pdf](https://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2020/pdf/energy1.pdf)
- <sup>79</sup> Zu NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization) siehe die Website: <https://www.nedo.go.jp/english/>
- <sup>80</sup> Bereits im Mai 2010 unterzeichneten die NEDO und die deutsche Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW GmbH) ein Memorandum of Understanding zur Förderung von Brennstoffzellentechnologien. Seitdem haben beide Organisationen bereits mehrere gemeinsame Vorhaben durchgeführt, u.a. internationale Workshops zum Thema Wasserstoff.

Energie- und Umweltbereich. Hervorzuheben ist das ressortübergreifende Programm zur Innovationsförderung (Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program – SIP), für das insgesamt vier prioritäre Technologiefelder definiert wurden: Energie, Zukunftsinfrastruktur, regionale Ressourcen und Gesundheit.<sup>81</sup> Für die ersten drei Felder stellte CSTI zehn Spezialprogramme auf. Diese werden von ausgewählten Vertreterinnen und Vertretern aus Wirtschaft und Wissenschaft (Toyota, Mitsubishi Electric Corporation, University of Tokyo und Kyoto University) geleitet. Das Ziel dieser Programme ist es, die Entwicklung innovativer Technologien entlang des gesamten Innovationspfads – von der Grundlagenforschung bis zur Markteinführung – zu unterstützen.<sup>82</sup>

Der Hydrogen Council besteht aus einer Gruppe von 39 Unternehmen (Oktober 2018) aus den Bereichen Energie, Transport und Industrie, die im Januar 2017 im schweizerischen Davos gegründet wurde.<sup>83</sup> Das Ziel dieser Gruppe ist es, Wasserstoff als bedeutendsten Energieträger für die Transformation der Energiesysteme weltweit zu etablieren. Toyota gehört zu den Gründungsmitgliedern des Hydrogen Council und hat die Initiative anfangs stark vorangetrieben.

Das Forschungsinstitut AIST gründete im April 2014 das Fukushima Renewable Energy Institute (FREIA) in Koriyama, Präfektur Fukushima, um FuE im Bereich erneuerbarer Energien zu fördern.<sup>84</sup> Das FREIA hat zwei grundlegende Aufgaben: Förderung von FuE im Bereich erneuerbarer Energien sowie Mitarbeit an industriellen Clustern und Wiederaufbau. Das neue Institut wurde als Forschungsbasis zur Entwicklung innovativer Technologien in Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Partnern gegründet.

Aufgrund der geografischen Bedingungen Japans wird der Entwicklung von PV-Anlagen und Floating Offshore-Wind-Anlagen aktuell die größte Bedeutung als erneuerbare Energiequellen beigemessen.

Während die PV-Technologien bereits seit der Gründung der NEDO im Jahr 1980 zu den prioritären Feldern der japanischen Energieforschung gehören (u. a. das „New Sunshine Project“), ist der Forschungsfokus auf Floating Offshore relativ neu. Zusammen mit PV sollen die Offshore-Wind-Potenziale künftig sowohl für die direkte Stromerzeugung als auch im Sinne der Wasserstoffstrategie erschlossen werden. Im Rahmen der 2014 veröffentlichten Strategie „NEDO PV Challenges“<sup>85</sup> werden FuE-Projekte u. a. mit industrieller Beteiligung gefördert. Eine Besonderheit ist dabei der systemische Ansatz dieser Projekte. Im Fokus stehen nicht mehr die Solarmodule als Einzeltechnologien, sondern die PV-Systeme als Ganzes. So wird beispielsweise dem Recycling von PV-Modulen sowie der Sicherheit und Robustheit von integrierten Solar-Systemen gegenüber extremen Witterungsbedingungen eine wichtige Bedeutung beigemessen.<sup>86</sup> Das Strategiepapier setzt zudem konkrete Ziele in Bezug auf die Reduktion der Stromgestehungskosten von Solar-PV: 14 Yen (ca. 0,11 Euro) pro kWh bis 2020; 7 Yen (ca. 0,055 Euro) pro kWh bis 2030.<sup>87</sup> Entsprechend hat das METI 2017 auch ein Auktionssystem für Solargroßanlagen von mehr als 2.000 Kilowatt eingeführt. Kleinere Anlagen unter 10 Kilowatt erhalten weiter feste FIT-Abnahmepreise für einen Zeitraum von 10 Jahren garantiert; Anlagen über 10 Kilowatt für 20 Jahre. Allerdings werden die FIT-Preise weiter sinken.<sup>88</sup>

Da die meisten Gebiete in Japan, die für solare Großkraftwerke geeignet sind, bereits genutzt werden oder für die Nutzung verplant sind, gewinnen Floating Solar PV-Systeme an Bedeutung. Hier ist Japan nach installierter Kapazität und Anzahl der Anlagen weltweit führend, gefolgt von China, Südkorea und Großbritannien. Die Installation ist schneller und billiger und die Anlagen erzeugen aufgrund der Kühlwirkung des Wassers mehr Strom. Die Installation von Sonnenkollektoren auf dem Wasser ist im Vergleich zu bodenmontierten Systemen auch relativ schnell

<sup>81</sup> Zu Details des SIP siehe: [https://www.jst.go.jp/sip/pdf/SIP\\_energycarriers2015\\_en.pdf](https://www.jst.go.jp/sip/pdf/SIP_energycarriers2015_en.pdf)

<sup>82</sup> BDI (2018): *Energieforschung in Asien, Aktuelle Entwicklungen und Empfehlungen für die deutsche Energieforschungspolitik*, Online: <https://bdi.eu/publikation/news/energieforschung-in-asien/>

<sup>83</sup> Ebenda, S. 83.

<sup>84</sup> Siehe Website des FREIA: <https://www.aist.go.jp/fukushima/en/outline/>

<sup>85</sup> Siehe Fußnote 74 und die japanische Quelle [https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5\\_100318.html](https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100318.html)

<sup>86</sup> Siehe Fußnote 74.

<sup>87</sup> Ebenda.

<sup>88</sup> Maurer, Jürgen (2018): Japan senkt Anreize für Solarenergienutzung, in: GTAI, online: <https://www.gtai.de/gtai-de/trade/branchen/branchenbericht/japan/japan-senkt-anreize-fuer-solarenergienutzung-18248>. Einzelheiten finden sich in einer Studie der NEDO, National Survey Report of PV Power Applications in Japan 2017.

und kostengünstig, und im Falle Japans sind keine kostspieligen Erdbebensicherungsarbeiten erforderlich, die für alle Bodeninstallationen vorgeschrieben sind. Sie befinden sich meist in der Nähe eines Netzanschlusspunkts, was auch die Entwicklungskosten senkt.

Allerdings werden es die PV-Installationen in Wohnbereichen sein, die den Solarmarkt in Japan in den nächsten Jahren vor allem aufgrund des zunehmenden Einsatzes von Speicherbatterien und der wachsenden Bedeutung der Netto-Nullenergiehäuser/Gebäude vorantreiben. Die Regierung hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2020 eine Nullemission für Standardneubauten und öffentliche Gebäude und bis 2030 eine durchschnittliche Nullemission für Neubauten und öffentliche und private Gebäude zu erreichen.

Bei der Nutzung der Windenergie liegt Japan im internationalen Vergleich mit einem Anteil von 0,4% am Energiemix zurück. Nach Angaben der Japan Wind Power Association waren Ende 2018 etwa 2.300 Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von 3.654 MW installiert.<sup>89</sup> 2018 wurden lediglich 100 neue Windkraftanlagen mit einer Leistung von 261 MW (2017: 162 MW) neu installiert. Seit Fukushima hat die Regierung viel Wert auf schwimmende Offshore-Windanlagen gelegt. Insbesondere das METI und das Umweltministerium sehen in dieser Quelle ein großes Potenzial. Bisher sind allerdings keine neuen Windkraftanlagen ans Netz gegangen. Eine Schwierigkeit besteht darin, dass wegen der großen Wassertiefen in japanischen Küstengebieten bei der Offshore-Windenergie kaum herkömmliche Fundamente eingesetzt werden können. METI (durch NEDO), das AIST, und die New Energy Foundation (NEF) betreiben verschiedene Projekte im Zusammenhang mit Windenergie. Basierend auf einer Förderung des METI in Höhe von 470 Mio. Euro ging im Juli 2018 die letzte der insgesamt drei schwimmenden Windturbinen (Floating Offshore-Wind Turbines) mit einer Kapazität von 5MW am Demonstrator „Fukushima Forward“ in Betrieb.<sup>90</sup> Die Gesamtkapazität des nach dem Hywind Scotland-Windpark (30 MW) weltweit zweiten schwimmenden

Windparks beträgt 14 MW. Mit dem Projekt ist Japan heute neben Schottland und Portugal eines der führenden Länder auf dem Gebiet der Floating-Offshore-Technologie. Das Projekt wurde von einem durch den Konzern Marubeni geleiteten Konsortium aus japanischen Unternehmen und wissenschaftlichen Organisationen durchgeführt. Das Fukushima Forward Demonstrationsprojekt zeigte jedoch auch die mit schwimmenden Plattformen verbundenen technologischen Herausforderungen sowie die enormen Entwicklungs- und Installationskosten, die in extrem hohen Stromgestehungskosten resultieren. Mehr FuE wird deshalb notwendig sein, um das ursprüngliche Ziel Japans – 1 GW Floating Offshore bis 2020 – zu einem späteren Zeitpunkt zu erreichen.<sup>91</sup>

Der Anteil der Biomasse an der Stromversorgung des Landes hat nicht wesentlich zugenommen, ihr wird jedoch ein großes Potenzial zugesprochen.<sup>92</sup> Fast die Hälfte der neu installierten Biomasse-Stromerzeugung stammt aus Abfall. Mehrere Gründe sprechen für diese langsame Inanspruchnahme, beispielsweise die lange Anlaufzeit, bis ein Projekt mit der Stromerzeugung beginnen kann. Projekte mit einer Kapazität von insgesamt ca. 500 MW wurden bewilligt, bisher wurden allerdings nur 35 MW in Betrieb genommen. Mehrere Städte haben große Biogasprojekte mit Biogas aus Klärschlamm aufgebaut, darunter Kobe (800.000 m<sup>3</sup> pro Jahr), Nagaoka (600.000 m<sup>3</sup>) und Kanazawa (280.000 m<sup>3</sup>). Im Biomassesektor sind neben METI und MAFF der Nationale Rat für Biomassepolitik aktiv, der sich aus sieben Ministerien zusammensetzt. Die NEF hat zudem auf internationaler Ebene das Asia Biomass Energy Cooperation Promotion Office eingerichtet, das für die Verbindung der ostasiatischen Länder mit Japan im Bereich der Biomasseenergie zuständig ist.<sup>93</sup> Über die „Datenbank der Organisationen für erneuerbare Energien in Ostasien“ können alle Biomasseorganisationen in Japan und den meisten Teilen Asiens gefunden werden. NEF und AIST beteiligen sich neben METI und MAFF am jährlichen Biomass Asia Workshop. Darüber hinaus sind die Präfektur- und die Gemeindeverwaltungen wichtig, da sie gemäß der Biomasseförderpläne

<sup>89</sup> Ebenda.

<sup>90</sup> Siehe Fußnote 74, S. 41.

<sup>91</sup> EU-Japan Center 2018.

<sup>92</sup> Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (2012): Biomass Policies and Assistance Measures in Japan, online: <http://www.maff.go.jp/e/pdf/reference68.pdf>

<sup>93</sup> Siehe Fußnote 81.

Biomasseprojekte initiieren. Bis Januar 2014 hatten 328 Gemeinden Förderpläne für Biomasse ausgearbeitet, wobei die höchsten Konzentrationen in Hokkaido (30), Kagoshima (15) und Niigata (15) liegen; 14 präfekturweite Pläne wurden ebenfalls erstellt.

Die Vorhersagen für die Geothermie sind gemischt. Geothermie scheint für Japan aufgrund des großen Potenzials heißer Quellen und der Tatsache, dass der globale Markt für Geothermie weitgehend von japanischen Unternehmen kontrolliert wird, eine naheliegende Wahl zu sein. Entsprechend will das Umweltministerium die geothermische Stromerzeugung bis 2020 auf 1 GW und bis 2030 auf fast 4 GW verdoppeln. Darüber hinaus wurden landesweit erhebliche Anstrengungen zur Exploration und Erschließung geothermischer Ressourcen unternommen sowie Probleme wie die Deregulierung in Naturparkgebieten untersucht und Vereinbarungen mit den Thermalquellengeschäften getroffen.

Die rasche Einführung erneuerbarer Energien, insbesondere der Solarenergie, hat allerdings auch Probleme mit sich gebracht, welche die Stabilität des Stromnetzes beeinträchtigen, einschließlich Leistungsschwankungen und Stromüberschusserzeugung. Energiespeicher ermöglichen die Integration von mehr Solar- (und Wind) Strom in das Netz. Auch virtuelle Kraftwerke (Virtual Power Plants, VPPs) können zur Stabilisierung des Stromnetzes beitragen. Entsprechend unterstützt die Regierung die Entwicklung von VPPs, welche die Energie- und Stromkapazitäten einer großen Anzahl dezentraler Energieressourcen miteinander vernetzt und aggregiert, vor allem von Solar- und Speichersystemen in Haushalten und gewerblichen Unternehmen, aber auch in hocheffizienten Energieanlagen (Klimaanlagen, Wärmequellen, Generatoren, Wärmespeicher usw.) und Batterien von Elektrofahrzeugen durch die V2G-Technologie. METI hat seit 2014 mehrere Projekte unterstützt, um VPPs zu testen, die erneuerbare Energiequellen nutzen.<sup>94</sup> Im Januar 2016 richtete METI das Energy, Resource, Aggregation, Business Review Committee (ERAB) ein, das aus einem Expertenkreis aus Politik, Wissenschaft und Industrie besteht, um Maßnahmen zur Förderung von VPPs

zu diskutieren. Zudem beschleunigen TEPCO und andere Versorgungsunternehmen durch Demonstrationsprojekte auch die Implementierung von VPPs und Ressourcenaggregationsgeschäften. Außerdem bieten VPPs passiven Verbrauchern die Möglichkeit, zu aktiven „Prosumenten“ zu werden, die am Stromhandelsmarkt teilnehmen und Einnahmen erzielen können. Die Demand Response (DR)-Lösung hat den größten Anteil am VPP-Markt und wird in Japan bereits erfolgreich eingesetzt, wenn Angebot und Nachfrage nach Strom knapp sind.<sup>95</sup> Die Regierung geht davon aus, dass durch den Megawatt-Handel die Spitzennachfrage bis 2030 um 6% gesenkt werden kann, wodurch etwa 10 GW Stromerzeugungskapazität eingespart werden könnten, was gleichzusetzen ist mit der von 10 Kernkraftwerken erzeugten Energie.

Die rasche Verbreitung dezentraler erneuerbarer Energiequellen und die Smart-Home-Industrie bewirken eine Verlagerung des Energiesystems von zentral auf dezentral mit bi-direktionalen Energieflüssen und Tausenden von aktiven Verbrauchern. Dies wird eine zunehmende Automatisierung erfordern, doch hier bestehen Bedenken hinsichtlich der Datensicherheit und des Datenschutzes. Die Blockchain-Technologie könnte diese Probleme in Zusammenhang mit den Energietransaktionen lösen. Das METI fördert seit 2016 verschiedene Projekte im Bereich der Blockchain-Technologie, der Energiehandel mit Blockchain befindet sich in Japan allerdings größtenteils in der Demonstrationsphase. Die Tatsache, dass die japanischen Versorgungsunternehmen, insbesondere die beiden größten, TEPCO und KEPCO, die Blockchain-Technologie als Lösung diskutieren, kann jedoch als Indiz gewertet werden, dass die Branche sich auf entsprechende Änderungen einstellt.

Lokale oder regionale Gebietskörperschaften haben auch eigene Projekte. Neben den nationalen Fördermaßnahmen unterstützen einige Kommunen und Gemeinden aktiv die Einführung von PV-Anlagen und anderen erneuerbaren Energiequellen. Einige Programme erfordern auch den gleichzeitigen Einbau von Speicherbatterien und HEMS als die PV-Systeme. Japanische Gemeindevorsteher haben im September

<sup>94</sup> METI website: [http://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan\\_FY2018/pr/en/shoshin\\_taka\\_07.pdf](http://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_FY2018/pr/en/shoshin_taka_07.pdf)

<sup>95</sup> Siehe Fußnote 81.

2017 die Erklärung von Nagano<sup>96</sup> veröffentlicht, in der sie sich verpflichten, für Städte und Regionen im ganzen Land zu 100% erneuerbare Energie zu erzeugen. Beispielsweise baut die Stadtregierung Tokyos die lokale Produktion und den Verbrauch erneuerbarer Energien aus, und Yokohama City in der Präfektur Kanagawa richtet VPPs ein.

Die fünf Präfekturen mit dem höchsten Anteil erneuerbarer Energien (über 20%) sind Oita, Kagoshima, Akita, Miyazaki und Toyama. Diese Präfekturen weisen unterschiedliche Merkmale auf: In den Präfekturen Oita und Kagoshima im Kyushu-Distrikt macht die solare Stromerzeugung neben der geothermischen Stromerzeugung einen großen Teil des Strommix aus. Die Präfektur Miyazaki, ebenfalls im Bezirk Kyushu, hat einen großen Anteil an der Erzeugung von Solarstrom und Biomasse; die Erzeugung von Kleinwasserkraftwerken steht in der Präfektur Toyama im Vordergrund; Windkraftwerke werden insbesondere in den Präfekturen Aomori, Akita und Hokkaido genutzt.<sup>97</sup>

Japans Großunternehmen sind ein wichtiger treibender Faktor für erneuerbare Energien. Die Zahl der Firmen, die ihre Elektrizität aus diesen Quellen beziehen und die Treibhausgasemissionen senken wollen, steigt. So hat Toyota im September 2018 angekündigt, als einer der Hauptsponsoren in den Mirai Renewable Energy Fund zu investieren. Dieser Fonds mit einer Kapitalisierung von 267 Millionen US\$ soll hauptsächlich neue Projekte bei Solar- und Windenergie sowie Biomasse und Geothermie finanzieren. Auf die dadurch erzeugte Energie will Toyota in seinen Produktionsstätten und im Händlernetz zugreifen. Jedoch ist Toyota bislang nicht der RE100-Initiative beigetreten. Dabei handelt es sich um eine globale Initiative von großen Unternehmen, die sich dazu verpflichten, in den nächsten zehn bis 30 Jahren ihre Energieversorgung auf 100% erneuerbare Energien umzustellen. Die Initiative wurde 2014 gegründet. Aus Japan war der Hersteller von Kopiergeräten, Ricoh, das erste Unternehmen, das diesen Schritt im April 2017 gemacht hat. Bis Mitte 2018 waren elf japanische Unternehmen der RE100 beigetreten.

Neben den zehn regionalen Stromversorgungsunternehmen sind mehrere Akteure am Windenergiesektor beteiligt. Es gibt eine Reihe von inländischen Windenergieanlagenherstellern, von denen Mitsubishi Heavy Industries (MHI) und Japan Steel Works (JSW) die größten sind, aber keiner von ihnen gehört zu den zehn größten Windenergieanlagenherstellern weltweit. Ein dritter japanischer Akteur, Hitachi, erwarb 2012 das Windkraftanlagengeschäft von Fuji Heavy Industries. Auf der Entwicklerseite ist Eurus Energy der größte Windparkentwickler, der etwa 20% der gesamten Windenergie in Japan betreibt. Das Unternehmen ist teilweise im Besitz von Toyota Tsusho (60%) und Tokyo Electric Power Company TEPCO (40%). Sie entwickelten 1999 den ersten großen Windpark (Tomamae Green Hill, 20 MW) und betreiben jetzt den größten Windpark des Landes (Shin Izumu, 78 MW). Die Branche wird von der Japan Wind Power Association (JWPA) vertreten, die 58 Unternehmen und Organisationen, darunter auch ausländische Mitglieder, vertritt. Ein weiterer Branchenverband ist der Japan Wind Energy Association (JWEA), der 50 Einzelmitglieder vertritt, darunter mehrere Vertreter von Unternehmen und eine hohe Beteiligung von Universitäten.

Unternehmen aus verschiedenen Branchen engagieren sich auch im Bereich Biomasse. Beispielsweise stellen große Papierhersteller ihre Produkte aus eigenen Wäldern her. Andere große Energieunternehmen wie Showa Shell Sekiyu, die das größte Biomassekraftwerk Japans mit einer Erzeugungskapazität von 49 MW errichten wird, und Sumitomo Forestry Co. und Sumitomo Joint Electric Power Co., die ein Biomassekraftwerk mit 50 MW errichten werden, treten ebenfalls in den Markt in Hokkaido ein.

## Indien

### Staatliche Ziele und Schwerpunktsetzung

Trotz eines hohen Potenzials an erneuerbaren Energieressourcen hat Indien lange Zeit eine stark auf fossile Brennstoffe vertrauende Energiepolitik verfolgt. Kohle ist immer noch bei weitem der dominante Energieträger. Sie kommt für 45% des gesamten Energieverbrauchs auf, Erdöl für 25%, Biomasse für 20%, Gas

<sup>96</sup> The Nagano Declaration. online: [http://local-renewables-conference.org/fileadmin/repository/LR\\_Nagano/LR2017-Nagano-Declaration-JP-EN.pdf](http://local-renewables-conference.org/fileadmin/repository/LR_Nagano/LR2017-Nagano-Declaration-JP-EN.pdf)

<sup>97</sup> Informationen der NEDO dazu online (auf Japanisch): [http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5\\_100984.html](http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100984.html)

für 6%, Wasserkraft und erneuerbare Energien dagegen nur für 3% und Atomenergie für 1%.<sup>98</sup> Allerdings beginnen sich durch den raschen Ausbau der erneuerbaren Energien während der letzten Dekade die Gewichte langsam zugunsten von Wind- und Solarenergie zu verschieben. Bei der installierten Kapazität für die Stromgewinnung kommen erneuerbare Energien schon auf 21% (Wasserkraft zusätzlich auf 13%), bei der tatsächlichen Stromproduktion immerhin auf 9,3%.<sup>99</sup> Der Anteil der Biomasse an der Energieversorgung sinkt derweil durch den Ausbau der Stromversorgung. Der einstmals stark durch öffentliche Forschungsmittel unterstützte Aufbau ziviler nuklearer Kapazitäten ist mittlerweile, auch aufgrund der Diskussion über die Verantwortung bei Unfällen, ins Stocken geraten. Erdöl und Gas leiden unter mäßigen, rasch zur Neige gehenden einheimischen Reserven und hiermit einhergehenden Produktionsverringerungen. Kohle ist zwar noch relativ reichlich vorhanden, der Abbau erfolgt aber weitab von den Zentren des Verbrauchs. Auch ist die indische Kohle von vergleichsweise geringer Qualität. Längere Zeit kam der Kohleabbau durch den Quasi-Monopolisten Coal India nur schleppend voran mit der Folge steigender Importe. Allerdings sind die Kapazitäten seit 2010 massiv aufgestockt worden. Mittlerweile bestehen erhebliche Überkapazitäten, so dass die Auslastung der vorhandenen Kohlekraftwerke deutlich sinkt. In Zusammenhang mit zunehmender Konkurrenz durch den stetig günstiger werdenden Solar- und Windstrom<sup>100</sup> sowie die sich verschärfende Wasserknappheit mehrten sich bereits Zeichen von „stranded assets“ im Kohlebereich, also von Kraftwerken, die ihre Kosten nicht mehr einfahren. Der größte private Produzent (Tata Power) hat bereits angekündigt, keine neuen Kohlekraftwerke mehr bauen zu wollen. Auch die indische Regierung hat ihre Ausbaupläne für Kohlekraft deutlich reduziert.

Im Gegensatz dazu existieren für den Ausbau erneuerbarer Energien weit ambitioniertere Ziele. Von ursprünglich 25 GW im 11. Fünfjahresplan (2011–16) wurden sie erhöht auf zunächst 100 GW während

des 12. Fünfjahresplans (2012–17), dann auf 175 GW für 2022 und zuletzt auf 523 GW bis 2030. Wind- und Solarenergie sollen dann 35% der Stromproduktion decken. Ein großer Teil (knapp 2/3) des Ausbaus regenerativer Quellen soll auf Solarenergie entfallen. Einerseits sind die Ziele motiviert durch die akute Notwendigkeit des Ausbaus erneuerbare Energien angesichts des wachsenden Energiebedarfs und der zunehmenden Umweltprobleme. Der Energieverbrauch des Landes wird bei der geplanten Wachstumsrate schneller zunehmen als bei jeder anderen Volkswirtschaft, während die eigenen fossilen Ressourcen zu Ende gehen. Dies würde ohne Veränderung des Energiemix zu einer absehbaren Erhöhung der Importabhängigkeit des Landes führen. Zudem hat die Luftverschmutzung in Indien alarmierende Werte erreicht. Andererseits spielen neben diesen Faktoren aber auch die neue strategische Ausrichtung der Modernisierung Indiens, die vom amtierenden Premierminister Modi verfolgt wird, eine gewichtige Rolle.<sup>101</sup> Der Ausbau der regenerativen Industrien bietet die Chance – auch auf der Basis der bisherigen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten – ein Marktführer bei entsprechenden Technologien zu werden. Regenerative Technologien zählen denn auch zum Kernbestand des „Make in India“-Programms, mit dem Indien zu den internationalen Technologieführern aufschließen will.<sup>102</sup>

### Staatliche Programme und Akteure

Die Forschung zu erneuerbaren Energien wird ganz überwiegend von staatlichen Institutionen betrieben und bekam einen starken Impuls mit der Verabschiedung der „Integrierten Energiepolitik“ im Jahre 2006. Die Ausgaben hierfür lagen zum Ende des 11. Fünfjahresplans (2011) noch bei 120 Mio. US-Dollar, haben sich dann aber im Laufe des 12. Plans (2012–17) verdoppelt. Die Mittel werden fast ausschließlich für die Solarforschung aufgewendet. Dies reflektiert die starke staatliche Präferenz der Regierung für diese Energiequelle. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Förderung von CCS (Carbon Capture and Storage, d. h. der Abscheidung und Speicherung von Kohlendioxid),

<sup>98</sup> IEA (2019), World Energy Outlook 2019, Paris.

<sup>99</sup> Ebenda.

<sup>100</sup> Der massive Ausbau der Solar- und Windenergie hat dazu geführt, dass der aus erneuerbaren Quellen gewonnene Strom bei den letzten staatlichen Auktionen bereits billiger als Kohlestrom war.

<sup>101</sup> Sidore, Sharan und Joshua W. Busby (2019) What explains India's embrace of solar? State-led energy transition in a developmental policy, Energy policy 129; 1179–1189.

<sup>102</sup> Government of India (2015) "Make in India", New Delhi.

das als saubere Energietechnologie klassifiziert wird. Ein entsprechendes Programm zur Abscheidung von CO<sub>2</sub> läuft schon seit 2007. Verschiedene staatliche Unternehmen planen CCS-Demonstrationsvorhaben, private Unternehmen hielten sich bislang dabei zurück. Ausschlaggebend waren dafür Bedenken aufgrund regulatorischer Hürden und Widerstände der Bevölkerung.

Für FuE bei erneuerbaren Energien sind zwei Ministerien besonders relevant, und zwar das Ministry of Science and Technology (MOST) und das Ministry of New and Renewable Energy (MNRE). Innerhalb des MOST befasst sich der Council of Scientific and Industrial Research (CSIR) mit Energietechnologien. Dabei wird das gesamte Spektrum von fossilen bis erneuerbaren Energien abgedeckt und, dem Beispiel anderer Länder folgend, ein besonderer Fokus auf Wasserstoff als Energieträger gelegt.<sup>103</sup> Das Department of Science and Technology (DST) im MOST beaufsichtigt u. a. die in 2009 gestartete „Clean Energy Research Initiative“, die die Zusammenarbeit zwischen Forschung und Industrie unterstützen soll. Die Initiative fördert schwerpunktmäßig die Solartechnologie.

Das MNRE wurde 1992 als Ministerium für unkonventionelle Energiequellen gegründet und erhielt 2006 seinen derzeitigen Namen. Es ist ein wichtiger Akteur in Zusammenhang mit FuE zu neuen Energietechnologien. Das MNRE hat 2016 ein Programm aufgelegt, das die Entwicklung von kostengünstigen und effizienten regenerativen Technologien vorantreiben soll. Auch dieses Programm, für das sich akademische Institutionen und Unternehmen bewerben können, fördert die Solarenergieforschung überproportional (62% der Fördermittel), deckt aber dennoch die ganze Breite erneuerbarer Energien ab. So erhalten Windenergien knapp 16% der Fördermittel und Wasserstoffzellen etwa 9,3%.

Das MNRE unterhält drei autonome staatliche Forschungsinstitute zur Forschung regenerativer Energietechnologien: das National Institute of Solar Energy (NISE), das National Institute of Wind Energy (NIWE) und das National Institute of Bioenergy (NIBE).

NISE soll die Solar-Mission der Regierung vorantreiben; es wurde 2013 zu einer autonomen Institution erhoben. Das Institut, das zu einem der weltweit führenden Solarforschungsinstitute aufsteigen will, untersucht die solare Einstrahlung in Indien. Es verfügt über ein Testlabor für PV-Module, eines für Beleuchtungssysteme und eines für Batterien. Das Institut führt zahlreiche Trainingsseminare durch und kooperiert schwerpunktmäßig mit anderen indischen Forschungsinstituten. NIWE wurde 1998 in Chennai gegründet und soll das ganze Spektrum der Windenergie abdecken. Es verfügt über eine Station zum Test von Windturbinen (finanziell und technisch unterstützt von Dänemark). Das Institut soll indische Regionen mit hohem Windkraftpotenzial identifizieren, neue Windkraftkomponenten (auch in Zusammenarbeit mit der Industrie) entwickeln, Windturbinen zertifizieren und Fachkräfte ausbilden. NIBE ist das kleinste der drei Institute und hat ein knappes Dutzend an wissenschaftlichen Mitarbeitern.

Mit dem Energy and Resources Institut (TERI) existiert daneben ein relativ großes, unabhängiges Institut mit dem Schwerpunkt auf Forschung und Beratung in den Bereichen Energie, Klimawandel und Nachhaltigkeit. Das 1973 vom Gründer der Tata Chemicals Ltd. initiierte und mit Startkapital ausgestattete Forschungsinstitut (das bis 2003 Tata Energy Research Institute hieß) ist inzwischen mit verschiedenen Niederlassungen sowohl in Indien als auch im Ausland vertreten und finanziert sich weitgehend durch externe Projektmittel. Das Institut fokussiert vor allem auf Auswirkungen der Energieproduktion auf die Umwelt und Landwirtschaft sowie auf Implikationen für Regionen außerhalb Indiens.<sup>104</sup>

Der Innovationsoutput im Energiebereich weist auf Fortschritte bei der Entwicklung ultra-superkritischer Kohlekraftwerke, einer eigenen Technologie zur Steigerung der Ausbeute von Flüssiggas, von Solarlampen (durch das Indian Institute of Technology in Mumbai) und einer Mikronetztechnologie für Solarstrom hin, die geeignet für Wohnräume ist (Dutta et al. 2018). Es besteht bei erneuerbarer Energietechnologien eine beachtliche Unternehmenskonzentration. Sowohl bei

<sup>103</sup> Council of Scientific and Industrial Research (CSIR): Making Pathways into New Frontiers. Online: <https://www.csir.res.in/about-us/brochure-arcvival>

<sup>104</sup> Siehe dazu die Webseite von TERI: <https://www.teriin.org/>

der Solar- wie der Windkraft kamen die 10 Top-Entwickler auf einen Marktanteil von über 80%.<sup>105</sup>

## Südkorea

### Staatliche Ziele und Schwerpunktsetzung

Trotz der geringen Größe des Landes ist Korea der weltweit neuntgrößte Energieverbraucher – mit steigender Tendenz. Hintergrund ist der hohe Anteil der Industrie an der Wertschöpfung des Landes. Die Energienachfrage Koreas konzentriert sich nach wie vor auf fossile Brennstoffe, die weitestgehend importiert werden müssen. Erdöl (44% der Nachfrage) und Kohle (29%) dominieren, gefolgt von Gas (14 %) und einem relativ hohen Anteil an Atomenergie (11%).<sup>106</sup> Der zweiprozentige Anteil von erneuerbaren Quellen bestand im Wesentlichen aus Biomasse. 90% des Verbrauchs werden mithilfe von Energieimporten befriedigt. Zum Schutz gegen Lieferunterbrechungen haben private und staatliche Energieunternehmen massive Erdöllager angelegt und Raffinerien gebaut, Anlagen zur Verflüssigung von Naturgas angelegt und mit Offshore-Bohrungen begonnen. Seit den 1970er Jahren wurden zahlreiche Atomanlagen gebaut, die mit aus den USA importiertem Uran beliefert werden. Das Potenzial für erneuerbare Energien ist wegen der geringen, zumeist bergigen und dicht besiedelten Landmasse gering. Ein großer Teil des erneuerbaren Potenzials entfällt auf Wasserkraft und Biomasse, während Solar- und Windstrom lange Zeit eine sehr geringe Rolle spielten.

Im Jahr 2008 erfuhr die koreanische Energiepolitik einen deutlichen Wandel, als der damalige Präsident die Vision eines CO<sub>2</sub>-armen, grünen Entwicklungspfades als Wachstumsmotor der südkoreanischen Wirtschaft entwarf. Hintergrund dieser Wende war die Einsicht, dass der energieintensive, schwerindustrielle Entwicklungsweg wirtschaftlich nicht nachhaltig und ein Umschwenken auf ein qualitativ höherwertiges Wachstum erforderlich war. Nach den ersten Plänen für die Zeit von 2008–30 sollte die Energieintensität der Produktion deutlich sinken, der Anteil fossiler Quellen am Verbrauch auf (immer noch) 61% zurückgehen. Erneuerbare Energien sollten mit staatlicher Unterstützung ausgebaut und konkurrenzfähig gemacht werden.

Der zweite Plan der Regierung (2014) setzte diese Vorgaben fort, sah allerdings auch eine weitere Zunahme des Verbrauchs und der Produktion von Atomenergie vor. Die Leitlinien erfuhren mit dem Amtsantritt des amtierenden Präsidenten MoonJae-in eine bedeutende Wendung. Mit der Revision des Stromausbauplanes von Ende 2017 soll eine deutliche Verlangsamung des Stromverbrauchs bei einem gleichzeitig stark wachsenden Anteil von erneuerbaren Energien (20% in 2030), eine Verringerung des Kohleanteils und – erstmals – einer Reduktion der Atomenergie einhergehen. Elf ältere Kernkraftwerke und zehn Kohlekraftwerke sollen vom Netz genommen werden.<sup>107</sup> Inzwischen wurde das Ziel für erneuerbaren Strom sogar auf 35–40% bis zum Jahr 2040 angehoben. Diese ambitionierten Pläne waren vor allem eine Reaktion auf die steigende Luftverschmutzung und Widerstände der Bevölkerung gegen den weiteren Ausbau der Kernkraftwerke. Allerdings war auch der Widerstand der Industrie und der Atomlobby gegen diese Wende beträchtlich.<sup>108</sup>

Südkorea soll nach den Vorstellungen der Regierung ein globaler Marktführer bei grünen Technologien werden und einen signifikanten Weltmarktanteil für das Land erringen (geplant sind 18% bis 2030). Im Januar 2019 hat die südkoreanische Regierung zudem eine Roadmap für den Weg in eine Wasserstoffwirtschaft vorgelegt. Neben der Datenökonomie und künstlicher Intelligenz soll die Wasserstoffwirtschaft ein dritter Bereich sein, auf den sich staatliche FuE-Investitionen konzentrieren sollen (Kim und Choi 2019). Trotz der klaren Strategie auf erneuerbare Energien und Wasserstofftechnologien verfügt Korea weiterhin über eine erhebliche Expertise bei Nukleartechnologien. Nukleartechnologisch kann sich das Land heute auf die eigenen Kräfte verlassen, selbst bei kritischen Komponenten. Korea exportiert zunehmend Nukleartechnologien und hat nukleare Kooperationsabkommen mit Ländern wie Brasilien, Jordanien, Kenia und der Ukraine abgeschlossen.

### Staatliche Programme und Akteure

Mit der Förderung der Energieforschung startete Korea schon bald nach der ersten Erdölkrise. Sie führte zur Gründung von zwei staatlich finanzierten

<sup>105</sup> IEA/CEEW (2019) Clean Energy Investment Trends 2019, New Delhi und Paris.

<sup>106</sup> U.S. Energy Information Administration (2018) Country Analysis Brief: South Korea.

<sup>107</sup> Ministry of Trade, Industry and Energy (2017) The 8th Basic Plan for Long-Term Electricity Supply and Demand (2017–31).

<sup>108</sup> Scholvin, Sören und Joachim Betz (2019): Energy Policy in the Emerging Economies, in: Lanham et al, Kapitel 4.

Forschungsorganisationen, nämlich, dem Korea Institute of Science and Technology (KIST) und dem Korea Institute of Energy Research (KIER). Das KIER beschäftigte nach eigenen Angaben auf der Institutswebseite Anfang 2018 430 Personen, davon 87% Wissenschaftlicher und Ingenieure. Das Budget von 164 Mio. US-Dollar (2018) setzte sich etwa zur Hälfte (45%) aus staatlichen Zuwendungen und zu 43% aus externen FuE-Aufträgen zusammen; 12% entfielen auf sonstige Zuwendungen. Das KIER arbeitet mit universitären Instituten zusammen und ist in verschiedenen Forschungsbereichen aktiv, vor allem zu Wasserstoffzellen, Offshore-Windenergie und Energiespeicherung. Von den bearbeiteten Technologien wurden 15 für die internationale Zusammenarbeit Koreas mit Partnern ausgewählt. Das Institut hat Kooperationsabkommen mit ca. 50 Partnern weltweit abgeschlossen.<sup>109</sup>

Im Jahr 2009 wurden die FuE-Managementfunktionen von vier Einrichtungen im Energiesektor zusammengelegt. Dabei handelte es sich um das Korea Institute of Energy and Resources Technology Evaluation & Planning, die Korea Energy Agency, das New & Renewable Energy Center und KEPCO's Electric Power Public Tasks Evaluation & Planning Center. Das integrierte Institut, das Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP), steht unter der Aufsicht des Ministry of Knowledge Economy (später umbenannt in Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE)). KETEP ist für die Formulierung von strategischen Technologieplänen zur Förderung der Energieindustrie und die Evaluierung von Technologiepolitikmaßnahmen und -programmen zuständig. Das Institut hat eine korrespondierende Roadmap in 2011 ausgefertigt, die 15 Sektoren grüner Energie definiert (u. a. Biokraftstoffe, CCS und smart grids etc.), 88 strategische Untergruppen (z. B. offshore wind power systems, kleine Nuklearreaktoren) und 288 Kerntechnologien (multifuel processors and organic semiconductors etc.), auf die sich die Förderung konzentrieren soll. Der Plan gibt jährliche strategische Direktiven für die Finanzierung vor und Vermarktungsvorschläge.

Im Jahr 1997 wurde der erste zehnjährige Plan für die Entwicklung von Energietechnologien veröffentlicht. Die Aufwendungen für die Energieforschung waren zunächst überschaubar; sie erreichten erst um

2000 ein mit anderen Industriestaaten vergleichbares Niveau. Gefördert wurde zunächst die Entwicklung von Wasserstoff- und Brennstoffzellen, Solar- und Windkraft. Als Teil der Strategie des grünen Wachstums stiegen die öffentlichen Aufwendungen für Forschung und Entwicklung bei Klima- und Umwelttechnologien von 2 Billionen KWR in 2009 auf 3,5 Billionen in 2013, was 20% aller Aufwendungen für FuE entspricht. Drei Viertel dieser Summe war bestimmt für 10 Kerntechnologien, darunter Batterien, CCS und e-Automobile. An die neuesten Pläne, erneuerbare Energien zu einem Wachstumsmotor für die südkoreanische Wirtschaft zu machen, schließt eine Strategie zur Kommerzialisierung grüner Technologie für sieben spezifische Sektoren (CCS, Brennstoffzellen, hybride Fahrzeuge, LED-Beleuchtung, Leichtwasserreaktoren, Smart Grids und Solarzellen) an. Weitere 20 Bereiche wurden für die langfristige Unterstützung identifiziert.

Die Forschungs- und Entwicklungsausgaben des Landes für energiebezogene Forschung zeichnen sich auch dadurch aus, dass der größte Teil auf private Firmen und angewandte Forschung entfällt. Unternehmen profitieren einerseits von staatlichen Zuschüssen. So kündigte die südkoreanische Regierung im Herbst 2017 an, Unternehmen in den oben genannten sieben Sektoren mit einer Summe von 36,6 Mrd. US-Dollar (bis 2020) zu unterstützen. Die Investitionschancen werden dennoch zumeist von den Firmen selbstständig identifiziert und ergriffen. Das zeigt sich bei Unternehmen aus dem Schiffsbau, die in Offshore Windanlagen diversifiziert haben.

Die Solarindustrie (PV-Zellen) leidet unter der Konkurrenz aus China. Chinesische Firmen haben am meisten von den koreanischen Feed-in-Tarifen profitiert. Im Mai 2019 meldete der letzte Produzent des Landes Konkurs an. Der Ausbau von Solaranlagen wurde von einem mit der Expansion stetig wachsendem Widerstand der Bevölkerung und einem Mangel an Nutzfläche negativ beeinflusst. Die Regierung fördert deshalb verstärkt den Bau von Solarkraftwerken auf dem Wasser. Im Sommer 2019 wurde mit der Konstruktion der ersten Anlage (mit einer Kapazität von 2,1 GW) begonnen. Südkorea hat inzwischen eine Expertise beim Bau von Windkraftturbinen entwickelt, inkl. Offshore-Anlagen.

<sup>109</sup> Korea Institute of Energy Research (o. J.) Global Energy Innovator. Toward a content and prosperous society, led by KIER energy technology, Daejeon.

## Zusammenfassung und Schlussfolgerungen (Zukunftstechnologien in Asien)

### Übergreifende Erkenntnisse

- **China ist zu einem der zentralen Standorte für Wissensgenerierung geworden.** Rein quantitativ betrachtet ist China in allen hier betrachteten Technologiebereichen zum weltweit größten Einzelakteur aufgestiegen.
- Auch **Indien hat aus wissenschaftlicher Perspektive erheblich aufgeholt**, es belegt nach China, der Europäischen Union, den USA typischerweise den vierten Platz, im Bereich Nanotechnologie sogar – vor den USA – den dritten.
- **Japan und Korea teilen wissenschaftliche Stärken im Bereich neue Werkstoffe und Nanotechnologie**; Korea zeigt darüber hinaus – wie viele ASEAN-Staaten – Stärken im Bereich industrielle Biotechnologie und Japan im Bereich Mikroelektronik.
- **Wissenschaftlich betrachtet weist damit jedes größere APRA-Land ein eigenes, spezifisches Profil auf**, im Rahmen dessen konkrete FuE-Kooperationen auf hohem Niveau denkbar sind. Die Ausnahme bilden weniger entwickelte ASEAN-Staaten.
- **Japan bleibt weltweit technologisch führend in den Bereichen Mikroelektronik, Photonik sowie neue Werkstoffe** und belegt in den Bereichen industrielle Biotechnologie und Nanotechnologie den zweiten Rang nach den USA.
- **China ist im Bereich Mikroelektronik auch technologisch unter die Top 3 aufgerückt, bei weiter steigender Tendenz.** In anderen Schlüsseltechnologien folgt es auf Rang vier oder fünf bzw. drei oder vier in einzelstaatlicher Betrachtung – und damit (meist) vor Deutschland.
- **Deutschland erreicht auch im Vergleich mit den asiatischen Wachstumsländern meist einen fünften oder sechsten Rang**, wurde im Bereich industrielle Biotechnologie und Nanotechnologie allerdings von Korea überholt.
- **Technologisch betrachtet sind aktuell v. a. Japan und Korea als breit aufgestellte Akteure für FuE-Kooperationen von Interesse**, China, Indien, Singapur und Malaysia positionieren sich als Ansprechpartner in spezifischen Bereichen (vgl. Tabelle 2: Ran-

king Patentanmeldungen (transnational, inkl. Ländergruppen), 4).

- **Die Zahl indischer Studierender in Deutschland nimmt kontinuierlich zu, wobei besonders das Masterstudium und die MINT-Fächer stark vertreten sind.** In für die Schlüsseltechnologien besonders relevanten Disziplinen sind indische Studierende stark vertreten.
- Der vergleichsweise hohe Anteil deutscher MINT-Studierender unter den PROMOS-Geförderten (Deutsche Studierende), die studienbezogen Zeit in einem APRA-Land (v. a. China, Australien und Japan) verbringen, kann als Indikator dafür gesehen werden, dass **in das Studium integrierte, eher kurze Aufenthalte die Wahrscheinlichkeit eines Studienaufenthalts in einem ansonsten weniger nachgefragten APRA-Land erhöhen.**

### Themenspezifische Erkenntnisse:

#### Bioökonomie

- Relativ betrachtet ist das **Thema Bioökonomie aus wissenschaftlicher Perspektive für alle großen asiatischen APRA-Länder ebenso wie für Deutschland von überdurchschnittlicher Relevanz**, auch in der Europäischen Union und den USA ist es relativ bedeutsamer als andere hier betrachteten Themen.
- **Weniger ausgeprägt als in den USA oder der EU ist in Deutschland zurzeit noch der relative technologische Schwerpunkt im Bereich Bioökonomie** (vgl. Tabelle 2: Ranking Patentanmeldungen (transnational, inkl. Ländergruppen), 4).  
Im APRA-Raum spielt er in Korea, Indien und vor allem den ASEAN-Staaten eine wichtige, in Japan und China eine nachgeordnete, aber absolut bedeutsame Rolle.
- Im Bereich Bioökonomie kann **China** vor allem im Landwirtschaftssektor Erfolge vorweisen. Darunter fallen wachsende Stärken in der Hybridzüchtung und in molekularen Züchtungstechnologien. Darüber hinaus sieht die Regierung die Bioökonomie im Kontext der Biotechnologie als eine der strategischen Technologiesektoren. Als Schlüsseltechnologien zur Erschließung des Potenzials wurden

regenerative Medizin, synthetische Biologie, Nano-Biotechnologie und molekularbiologische Verfahren (z. B. Genom-Editierung) ausgemacht.

- Mit seiner neuen Strategie zur Förderung der Bioökonomie will **Japan** ein zunehmend offenes Innovationssystem – auf der Grundlage der bio-digitalen Integration – fördern. Hierdurch könnte eine neue Offenheit für internationale Kooperationen (und damit auch für Kooperationen mit Deutschland) entstehen, insbesondere in den Bereichen Bioenergie, Biomaterialien oder Agrar- und Lebensmittelprodukten.

#### Themenspezifische Erkenntnisse: erneuerbare Energietechnologien

- **Stärker noch als Deutschland und die EU sind Korea bilden erneuerbare Energietechnologien für ASEAN-Staaten eine zentrale Spezialisierung.** (vgl. Tabelle 2: Ranking Patentanmeldungen (transnational, inkl. Ländergruppen), 4).

In China und Indien liegen die entsprechenden Spezialisierungen zwar hinter anderen zurück, das Feld ist dort aber ebenfalls von überdurchschnittlicher Bedeutung.

- **Relativ betrachtet sind erneuerbare Energietechnologien in der EU von ähnlicher Bedeutung wie fortschrittliche Produktionstechnologien;** im APRA-Raum spielen sie in Korea, Indien und den ASEAN-Staaten eine wichtige Rolle, in Japan und China eine relativ geringe, aber absolut bedeutsame.
- **Chinas** strategischer Fokus liegt auf der Forschung zu relevanten Technologien zum Aufbau eines intelligenten dezentralen Stromnetzes als Voraussetzung für die breite Nutzung erneuerbarer Energien. Hierbei spielen Energiespeicher, Brennstoffzellensysteme und die dazugehörigen Materialtechnologien eine wesentliche Rolle. Die Forschung zu erneuerbaren Energien hat mit dem Start des Schlüsselprojekts zu erneuerbaren Energiequellen und Wasserstoff-Energietechnologien weiteren Auftrieb erhalten.
- Das fundamentale Bestreben **Japans** nach Energiesicherheit, Energieunabhängigkeit und den Erhalt der industriellen Wertschöpfung geht mit der Entwicklung länderübergreifender

der Energiekonzepte einher. Die strategische Ausrichtung auf Wasserstoff als zukünftiger Energieträger ist von zentraler Bedeutung.

#### Schlussfolgerungen für Politik und Wissenschaft

- Im Hinblick auf akademische Kooperationen **bieten die APRA-Länder vielfältige Referenzpunkte für die westlichen Natur- und Ingenieurwissenschaften.** Hinsichtlich des absoluten Outputs an Kooperationen gilt dies v. a. für China, darüber hinaus für Indien, Japan, Korea sowie einige ASEAN-Länder.
- **In China, Japan und Korea bestehen ausgeprägte klassische Schwerpunkte** vor allem in den Bereichen Mikro- und Nanoelektronik, Photonik sowie z.T. neue Materialien. Sie verdienen fraglos Aufmerksamkeit, **sollten aber auch den Blick auf sich parallel entfaltende Stärken in den hier vertiefend analysierten Bereichen werfen.**
- **Auch in den hier vertieften Bereichen erneuerbare Energien und Bioökonomie ist China wichtigster Akteur,** Indien folgt im Ranking der Einzelstaaten auf Rang drei. **In Japan und Indien finden sich darüber hinaus klare wissenschaftliche Spezialisierungen im Bereich Bioökonomie, in China, Indien, Korea und den ASEAN-Staaten ebenso deutliche im Bereich erneuerbare Energien,** auch hier können weitere Kooperationspotenziale erschlossen werden.
- **Für technologische Kooperationen wären grundsätzlich v. a. Japan, Korea und zunehmend China von Interesse, diese Länder sind aufgrund geringer Offenheit allerdings eher als Wettbewerber zu betrachten.** Indien, Singapur und Malaysia positionieren sich dagegen als spezialisierte Kooperationspartner.
- **In Indien und den ASEAN-Staaten finden sich technologische Schwerpunkte v. a. in den in diesem Kapitel vertieften Bereichen erneuerbare Energien und Bioökonomie,** beide bieten damit natürliche Ansatzpunkte für Kooperationsbestrebungen.
- **Chinas** Anstrengungen im Aufbau intelligenter Stromnetze bieten einen Ansatzpunkt für Forschungsk Kooperationen im beidseitigen Interesse. In Bezug auf einzelne Energietechnologien (z. B. Solarenergie) bestehen weniger

Ansatzpunkte für eine Kooperation zum beiderseitigen Nutzen, da die Forschung vor allem industrienah erfolgt und damit stark an Wettbewerbsstrategien ausgerichtet ist.

- Mit seiner neuen Strategie zur Förderung der Bioökonomie will **Japan** ein zunehmend offenes Innovationssystem – auf der Grundlage der bio-digitalen Integration – fördern. Hierdurch könnte eine neue Offenheit entstehen, die deutschen KMUs und Start-ups mit nachhaltigen Produkten, Kompetenzen für ihre Produktion oder Technologien die Möglichkeit gibt, mit japanischen Partnern in Bereichen wie Bioenergie, Biomaterialien oder Agrar- und Lebensmittelprodukten zusammen zu arbeiten. **Technologieallianzen und Joint Ventures mit Japan sind von strategischem Interesse für die technologische Entwicklung Deutschlands.** Im Bereich Offshore-Wind und bei der Steigerung der Effizienz von PV-Systemen kann Deutschland mit seinem aktuellen Wissensvorsprung eine führende Rolle in Kooperationen mit Japan übernehmen, ebenso bei VPP.

## Querschnittskapitel 2: Europäische FuE-Kooperationen mit China

Durch die zunehmende Bedeutung Chinas als globalem Akteur haben sich in den vergangenen Jahrzehnten nicht nur in Deutschland, sondern auch auf Europäischer Ebene sowie in anderen Mitgliedsstaaten (z. B. Frankreich, Großbritannien) auf unterschiedlichen Ebenen zahlreiche Forschungs- und Entwicklungszusammenarbeiten etabliert. Sowohl in der praktischen Ausgestaltung dieser Zusammenarbeit als auch hinsichtlich deren politischer Einbettung bestehen zahlreiche Ähnlichkeiten, aber auch Unterschiede zwischen dem Vorgehen anderer europäischer Mitgliedsstaaten und dem Vorgehen deutscher Akteure in Wirtschaft, Wissenschaft und Politik. Dennoch, bzw. teils auch gerade deswegen, lassen sich aus den Erfahrungen europäischer Akteure bzw. anderer europäischer Länder wichtige Erkenntnisse über die Möglichkeiten, Chancen und Risiken alternativer Positionierungen gegenüber China ableiten. Vor diesem Hintergrund bildet das folgende Kapitel Kooperationsaktivitäten mit China für die EU-28 und relevante europäische Vergleichsländer ab.

Eingeleitet werden die Betrachtungen durch Auswertungen zur allgemeinen Intensität und Entwicklung sowohl der wissenschaftlich-technologischen Zusammenarbeit als auch der Mobilität von Studierenden. Auf diese Weise lässt sich die bestehende Kooperation Deutschlands mit China hinsichtlich sowohl Größenordnung als auch Dynamik vergleichend einordnen. Darauf folgend werden die spezifischen wissenschaftlich-technologischen Stärken der Europäischen Union sowie relevanter Vergleichsländer dargestellt und die sich daraus möglicherweise ergebenden Potenziale für zukünftige Kooperationen festgehalten. Schließlich folgt eine vergleichende Darstellung relevanter Politikstrategien und -programme, mittels derer die Europäische Union bzw. relevante Nachbarstaaten Deutschlands ihre wissenschaftlich-technologische Zusammenarbeit mit China entwickeln und ausgestalten.

### Aktuell bestehende Kooperationen

#### Wissenschaftliche Kooperation

Hinsichtlich der wissenschaftlichen Kooperation Chinas mit der Europäischen Union bzw. ihren einzelnen Mitgliedsstaaten ist zunächst absolut jene erhebliche Intensivierung der Beziehungen festzustellen, die vor dem Hintergrund von Chinas Aufstieg zur globalen Wissenschaftsnation auch zu erwarten war. Wurden noch 2006 lediglich 10.000 Ko-Publikationen chinesischer und europäischer Akteure veröffentlicht, hatte sich dieser Wert 2018 mehr als verfünffacht. Diese Entwicklung vollzog sich dabei nahezu genau parallel zu jener der Kooperation zwischen den USA und China, wobei in beiden Fällen festgehalten werden muss, dass nicht nur die Anzahl der Ko-Publikationen, sondern auch die Anzahl der Publikationen insgesamt über den Zeitraum stark angestiegen ist. Ohne Großbritannien als zentralem akademischen Akteur käme eine EU-27 allerdings auf ein fast 25% reduziertes Kooperationsaufkommen (ca. 38.000 Ko-Publikationen mit China p.a.), in etwa auf Höhe jenes zwischen China und anderen APRA-Ländern (ca. 33.000 Ko-Publikationen p.a.). Bemerkenswert ist in diesem

Zusammenhang, dass die zu konstatierende absolute Steigerung nicht allein dem absoluten Anstieg der Gesamtpublikationen geschuldet ist, sondern im Verlauf des letzten Jahrzehnts auch relativ betrachtet zugenommen hat. Seit 2006 hat sich der Anteil von Ko-Publikationen mit amerikanischen oder europäischen Akteuren in Chinas Gesamtpublikationsaufkommen von knapp über 5% auf 10% gesteigert (EU-27: 3,9%–7,7%), während der Anteil von Ko-Publikationen mit Akteuren aus dem APRA-Raum lediglich von ca. 4,5% auf ca. 6,6% anstieg. China hat sich damit im Betrachtungszeitraum unter akademischen Gesichtspunkten merklich gegenüber der Europäischen Union und auch den USA geöffnet.

Abbildung 10 zeigt differenziert das Ko-Publikationsaufkommen einzelner EU-Mitgliedsstaaten mit China. Großbritannien ist hierbei mit über 13.000 Ko-Publikationen p.a. der erwartungsgemäß stärkste Akteur, gefolgt von Deutschland mit ca. 7.500 und Frankreich mit ca. 5.000 Ko-Publikationen p.a. In einigem Abstand – d.h. mit 3.000 Ko-Publikationen p.a. oder

darunter – folgen Italien, die Niederlande, Schweden, Spanien, Dänemark, Belgien, Polen, Finnland und Österreich. Andere Mitgliedsstaaten der EU erreichen dagegen meist weniger als 1.000 Ko-Publikationen (IE, CZ, PT, GR, HU, RO); die verbleibenden sogar unter 500. Festzuhalten ist darüber hinaus, dass sich der Anteil der Ko-Publikationen mit Großbritannien am Gesamtaufkommen von 1,35% auf 2,66% seit 2006 verdoppelte, während jener Deutschlands und Frankreichs nur um jeweils ca. die Hälfte anstieg (1,10%–1,55% bzw. 0,68%–1,00%).

Aus deutscher Perspektive lassen sich hinsichtlich der Betrachtung einzelner Themenfelder nur bedingt Besonderheiten feststellen. Generell steigt die Kooperation mit China systematisch an – einzig im Bereich Elektrotechnik war Ende der 2000er Jahre ein mittlerweile aufgehobener Rückgang zu verzeichnen. In den Bereichen Elektrotechnik, Organische Chemie, Chemieingenieurwesen und Specific Engineering könnte China bei fortgesetztem Trend sehr bald deutscher Kooperationspartner Nummer eins werden, noch vor den USA. Im Bereich Polymerchemie ist dies bereits erreicht. In den Bereichen Messen/Steuern, Grundstoffchemie, Materialforschung, und Maschinenbau wird bei steigendem Trend ein zweiter Platz gehalten. Eher schwach ist die Kooperation dagegen im Bereich der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften ausgeprägt. Unter den hier spezifisch betrachteten Themenfeldern ist eine starke Rolle vor allem in den Materialwissenschaften und Materialien für Batterien zu beobachten, wo China einen zweiten Platz einnimmt und zusehends zu den USA aufschließt. Auch im Bereich Biomaterials liegt China nur noch knapp hinter Großbritannien auf Rang drei.

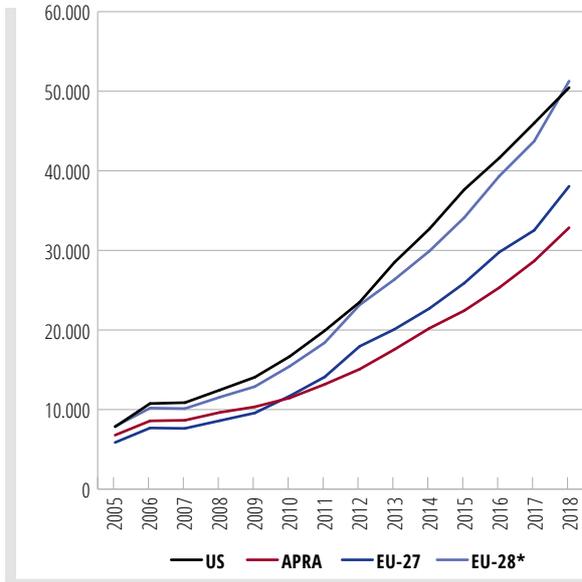
Auch europaweit betrachtet ist China bereits in den Bereichen Elektrotechnik der wichtigste wissenschaftliche Kooperationspartner, in den Bereichen Polymerchemie und Specific Engineering steht dies sehr wahrscheinlich unmittelbar bevor. In den Bereichen Messen/Steuern, Chemieingenieurwesen, Materialforschung, und Maschinenbau liegt China bei klar steigendem Trend auf einem herausgehobenen zweiten Platz. Wenngleich sie, wie jene mit US-amerikanischen Autoren, hinter der Summe aller intra-EU-Kooperationen deutlich zurückbleibt, übersteigt die Kooperation europäischer Autoren mit chinesischen damit in mehreren Feldern bereits jene mit spezifischen EU-Mitgliedsstaaten. Gleich den USA ist

China damit in einzelnen Bereichen bereits ein wichtigerer Bezugspunkt für europäische Wissenschaftler als jeder einzelne Mitgliedsstaat für sich. In den Bereichen Organische Chemie, Grundstoffchemie, Mathematik und Physik aber auch Medizin, Biologie und Umweltwissenschaften liegt China als Kooperationspartner hingegen noch wesentlich deutlicher hinter den USA und anderen europäischen Ländern zurück. Noch deutlicher gilt dies in den Bereichen Wirtschafts-, Sozial- und Geisteswissenschaften.

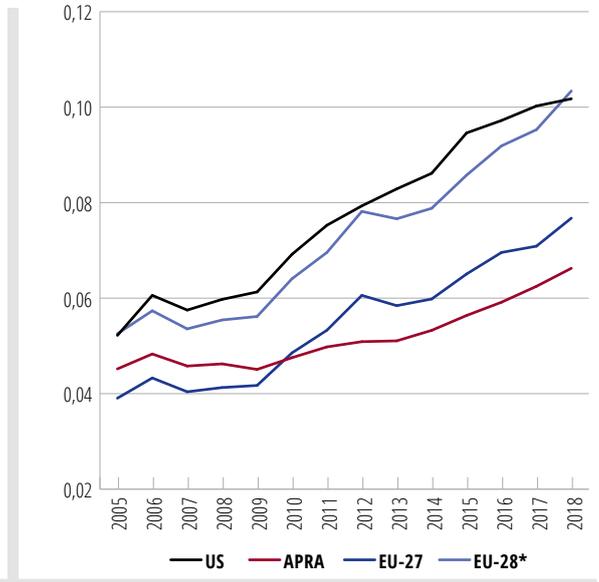
### Technologische Kooperation

Während die technologische Kooperation (abgeleitet aus Patentanmeldungen) Chinas mit den USA und Europa insbesondere zwischen 2008 und 2012 auf jeweils mehr als das Dreifache dynamisch anstieg, hat sich dieser Trend in der jüngeren Vergangenheit merklich abgeschwächt. Die Anzahl der technologischen Kooperationen mit den USA stieg seit 2012 nur noch moderat und war Schwankungen unterworfen. Jene mit den Ländern der Europäischen Union war zwischen 2011 und 2015 sogar rückläufig, um in jüngerer Vergangenheit wieder deutlich anzusteigen. Nahezu kontinuierlich erhöhten sich in diesem Zeitraum auch die Kooperationen mit anderen Ländern des APRA-Raums, auch wenn zwischen 2012 und 2013 ein leichter Rückgang zu verzeichnen war. Grundsätzlich ist dabei – im deutlichen Gegensatz zur wissenschaftlichen Kooperation – festzustellen, dass sich der Anteil internationaler Ko-Patente an der Gesamtzahl aller chinesischen Patentanmeldungen (wohlgemerkt jener für internationale Märkte) nachhaltig verringert hat. Einerseits ergibt sich dies aus dem erheblichen Aufwuchs der Patentanmeldungen, der sich zwischen 2005 und 2017 deutlich mehr als verzehnfachte. Andererseits ist darüber hinaus eine Differenzierung nach Ländern festzustellen. Während der Anteil der Ko-Patente mit anderen APRA-Ländern von 3% 2005 auf 1% 2013 abfiel, danach aber stabil blieb, fiel der ursprünglich neunprozentige Anteil der Ko-Patente mit US-amerikanischen Erfindern von 2012 noch ca. 4,5% weiter auf 2017 nur mehr 2,5%. Der Anteil der Ko-Patente mit europäischen Erfindern fiel von ca. 5% (EU-28) / 4% (EU-27) 2005 auf um die 1,5% 2015 und hat sich seitdem auf diesem Niveau stabilisiert. Unzweifelhaft hat die relative Bedeutung technologischer Aktivitäten in internationaler Kooperation für China seit Mitte der 2000er Jahre merklich abgenommen.

**ABBILDUNG 8: Akademische Kooperationen Chinas mit relevanten Weltregionen**

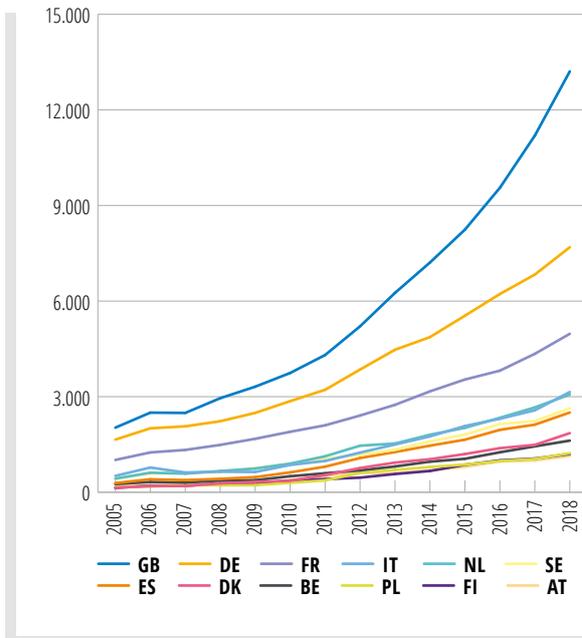


**ABBILDUNG 9: Akademische Kooperationen Chinas mit relevanten Weltregionen (Anteil entsprechender Ko-Publikationen an allen Publikationen)**

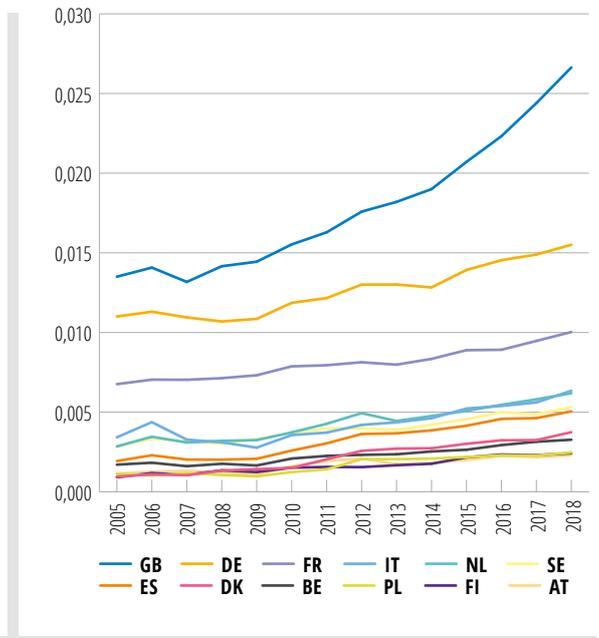


QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG 10: Akademische Kooperationen Chinas mit relevanten EU-Mitgliedsstaaten (Top-12, 2018)**

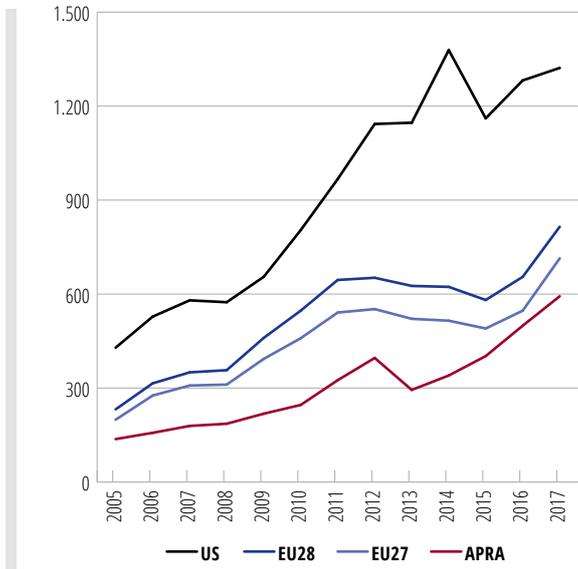


**ABBILDUNG 11: Akademische Kooperationen Chinas mit relevanten EU-Mitgliedsstaaten (Top-12, 2018) (Anteil entsprechender Ko-Publikationen an allen Publikationen)**

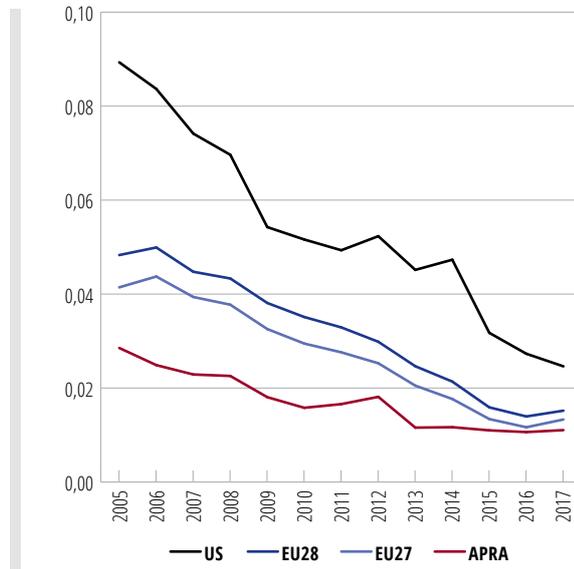


QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG 12: Technologische Kooperationen Chinas mit relevanten Weltregionen**

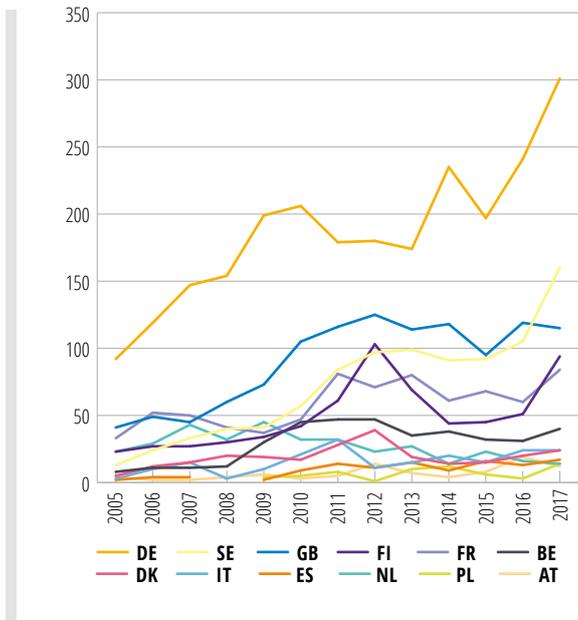


**ABBILDUNG 13: Technologische Kooperation Chinas mit relevanten Weltregionen (Anteil entsprechender Ko-Patente an allen Patenten)**

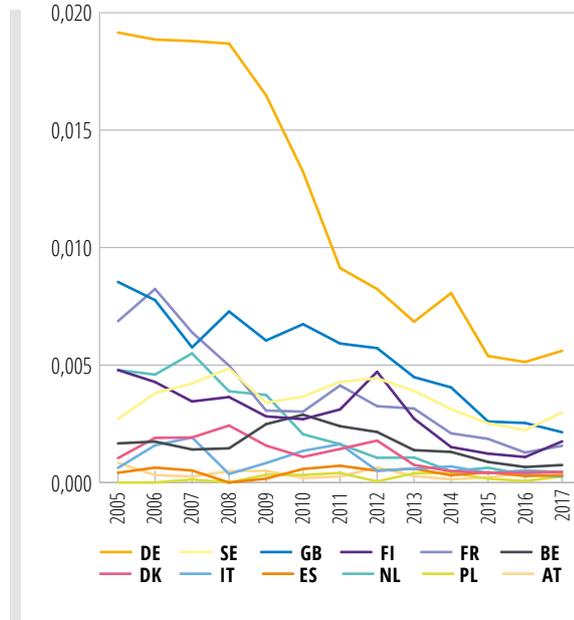


QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

**ABBILDUNG 14: Technologische Kooperation Chinas mit relevanten EU-Mitgliedsstaaten (Top-12, 2018)**



**ABBILDUNG 15: Technologische Kooperation Chinas mit relevanten EU-Mitgliedsstaaten (Anteil entsprechender Ko-Patente an allen Patenten) (Top-12, 2018)**



QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

Mit Blick auf einzelne EU-Mitgliedsstaaten lässt im Bereich der technologischen Zusammenarbeit darüber hinaus eine herausragende Rolle Deutschlands festhalten. Mit über 300 Ko-Patenten p. a. liegt der Umfang der Kooperation mit China hier nahezu doppelt so hoch wie in Schweden, das knapp vor Großbritannien auf dem zweiten Platz folgt. Finnland und Frankreich erreichen mit je knapp unter 100 Ko-Patenten p. a. die Ränge drei und vier. Hierauf folgen Belgien, Dänemark, Italien, Spanien, die Niederlande, Polen und Österreich, allerdings alle bereits mit deutlich weniger als 50 Ko-Patenten p. a. Der Beitrag aller weiteren Mitgliedsstaaten zu technologischen Zusammenarbeit fällt zurzeit sehr gering aus. Auch mit Blick auf die einzelnen Länder hat der Anteil technologischer Kooperationen am chinesischen Patentaufkommen insgesamt deutlich abgenommen. Für Deutschland, dessen Anteil

sich von ursprünglich nahezu 2% auf nur mehr knapp über 0,5% verringerte, gilt dies vor allem zwischen 2008 und 2012 – bemerkenswerterweise jenem Zeitraum, in dem sich die deutsche Abhängigkeit vom chinesischen Absatzmarkt deutlich verstärkte. Grundsätzlich waren allerdings im gleichen Zeitraum auch die Anteile fast aller anderen Mitgliedsstaaten stark rückläufig. Ob die seit ca. 2015 in Deutschland, Schweden, Finnland und Frankreich erneut zu verzeichnende absolute Zunahme der technologischen Kooperationsbeziehungen auf niedrigem Niveau zu einer Umkehr dieses Trends beitragen wird, bleibt abzuwarten.

Zur thematischen Differenzierung der technologischen Kooperationen zwischen China und der Europäischen Union wurden im Rahmen dieser Studie keine Daten erfasst.

## Kooperationspotenziale

### Wissenschaftliche Potenziale

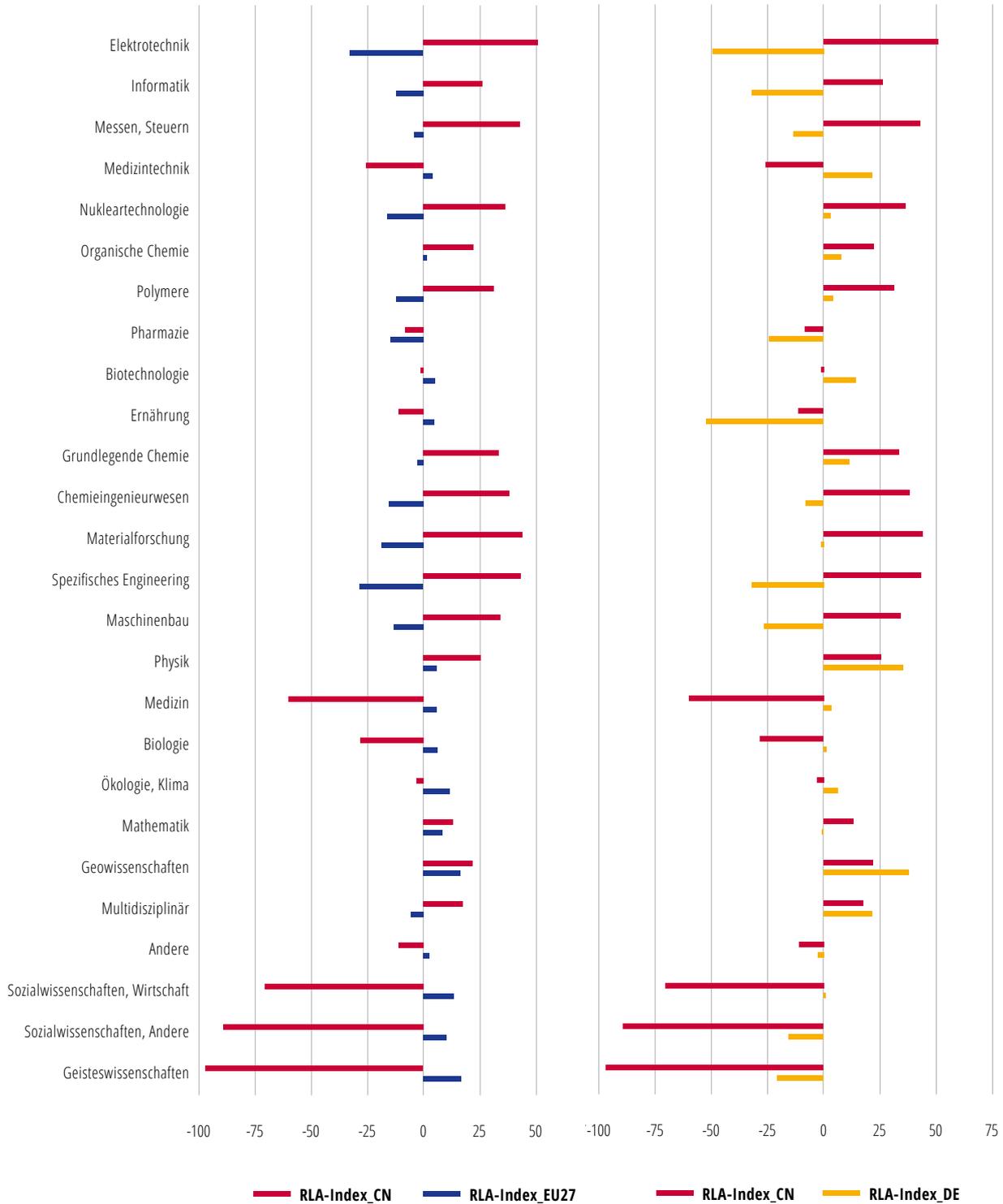
Hinsichtlich möglicher Kooperationsfelder in der Zukunft ist nach wie vor festzuhalten, dass das wissenschaftliche Spezialisierungsprofil Chinas stark komplementär zum europäischen bzw. deutschen ist (wobei auch das europäische Profil neben britischen und französischen stark von deutschen Aktivitäten beeinflusst wird und insofern nicht unabhängig vom deutschen ist). Während China sich vor allem auf seine klassischen Stärkenfelder Elektrotechnik, Informatik, Mess- und Regeltechnik, Teile der Chemie sowie Materialforschung und Ingenieurwissenschaft fokussiert, finden sich in den Wissenschaftssystemen westlicher Länder deutlich stärker ausgeprägte Profile in den Wirtschafts-, Sozial- und Geisteswissenschaften, in denen China nach wie vor recht schwach aufgestellt ist. Dies gilt mit gewissen Abweichungen für alle betrachteten Vergleichsländer (vgl. Anhang II). Eine Übereinstimmung von Positivspezialisierungen findet sich fast ausschließlich im Bereich Geowissenschaften. In Deutschland darüber hinaus in Teilen der Chemie sowie der Physik, in Frankreich in den Bereichen Nukleartechnologie, Physik und Mathematik, in Großbritannien und Dänemark dagegen in keinem weiteren Bereich.

Relativer Spezialisierungen ungeachtet findet sich darüber hinaus in einer Reihe akademischer Disziplinen eine Übereinstimmung absoluter Stärken, die in der Praxis für die Etablierung starker wissenschaft-

licher Kooperationen hinreichend sein kann. Hierzu zählen jenseits der Bereiche Elektrotechnik, Informatik und MRT auch große Teile der Chemie, der Biotechnologie, der Materialforschung, des Maschinenbaus und weiterer Ingenieurwissenschaften, der Physik, der Medizin sowie der über die reinen Geowissenschaften hinausgehenden Umweltwissenschaften. Durch den schieren Umfang seiner wissenschaftlichen Aktivitäten ist China auch ungeachtet seiner nationalen Spezialisierung somit in vielen Bereichen zu einem relevanten, potenziellen Partner für Deutschland und Europa geworden. Wie oben dargestellt, hat sich diese Kooperation in manchen Bereichen bereits manifestiert. In anderen Bereichen, wie z. B. den Lebenswissenschaften, fällt die tatsächliche Kooperation hinter jene zurück, die der Gesamtumfang der akademischen Aktivitäten auf beiden Seiten eigentlich nahelegen würde.

### Technologische Potenziale

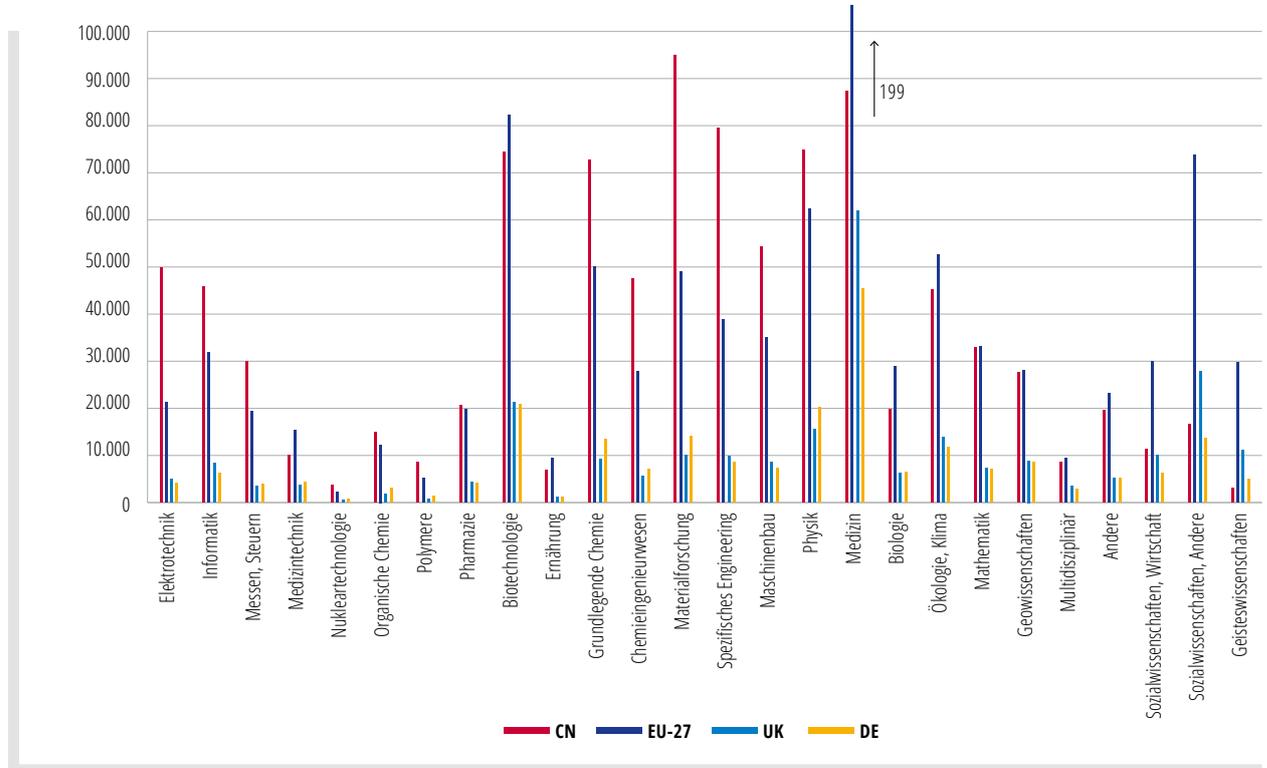
Auch das technologische Profil Chinas bleibt, wie bereits seit mehr als einem Jahrzehnt, komplementär zu dem Deutschlands sowie der Europäischen Union insgesamt. Relative Stärken finden sich in den Bereichen Audiovisuelle Technik, Telekommunikationstechnik, Digitale Kommunikationstechnik, Computertechnik, Datenverarbeitung, Halbleiter, Optik sowie Steuer- und Regeltechnik. Deutschland und Europa sind demgegenüber in klassischen Technologiefeldern wie z. B. verschiedener Aspekte der

**ABBILDUNG 16: Wissenschaftliches Spezialisierungsprofil Chinas im Vergleich zu Europa bzw. Deutschland 2018 (RLA)**


QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

ERLÄUTERUNG: Der RLA-Index bezeichnet Spezialisierungen auf einer Skala von -100 bis +100, entsprechend der Formel  $RLA_{kj} = 100 \cdot \tanh \ln \left[ \frac{(L_{kj} / \sum_j L_{kj})}{(\sum_k L_{kj} / \sum_k L_{kj})} \right]$  wobei L=Anzahl Publikationen, k= Index Land, j=Index Feld; d.h. den nationalen Anteil eines Feldes in Beziehung zu seinem global üblichen Anteil setzend

ABBILDUNG 17: Absolute Publikationszahlen Chinas im Vergleich zur EU, Großbritannien und Deutschland 2018



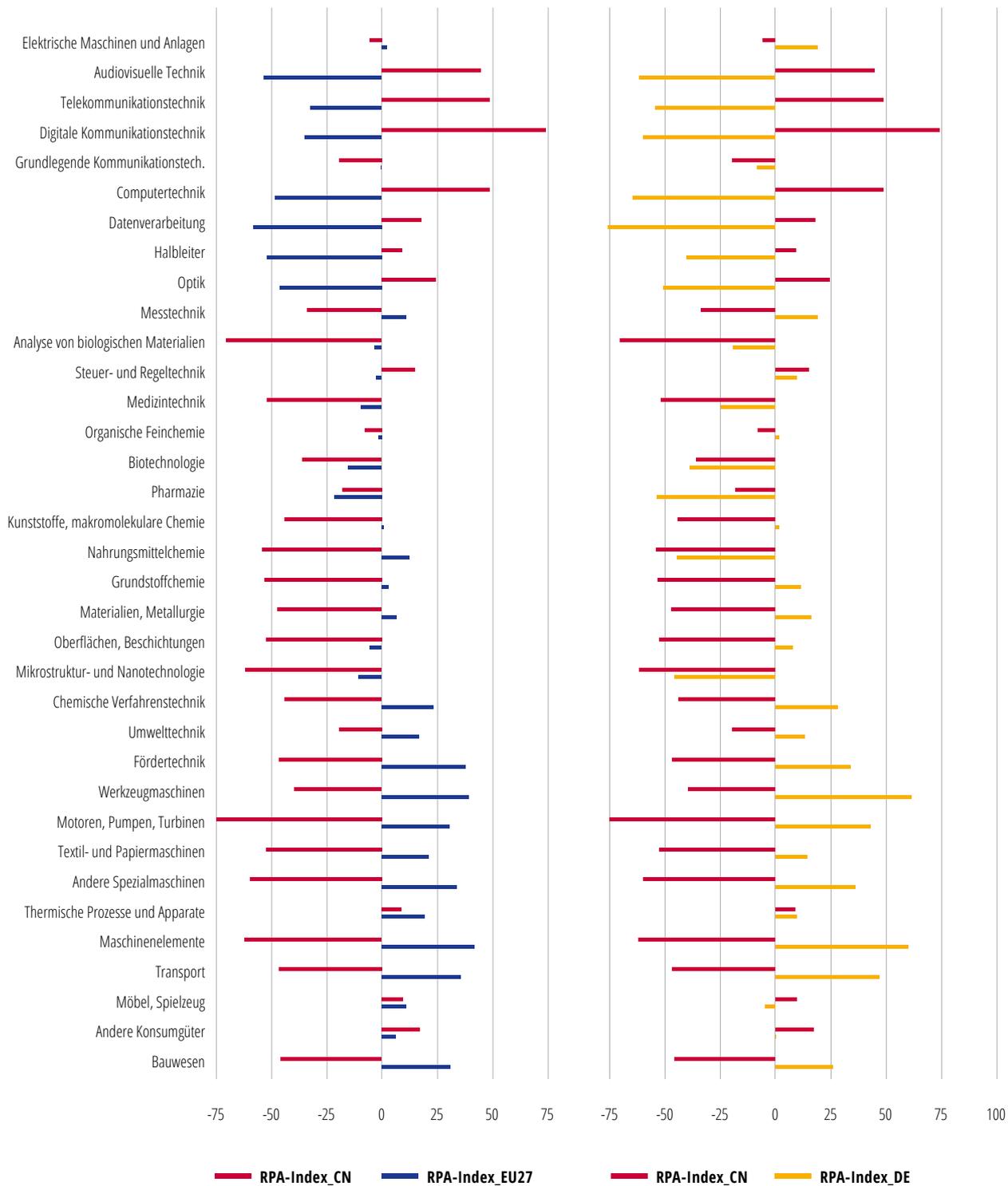
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

Chemie, Materialien, Umwelttechnik, verschiedener Bereiche des Maschinenbaus, Motoren und Turbinen, Transport (inkl. Automotive) sowie Bauwesen spezialisiert. Lediglich in den Bereichen thermische Prozesse und Apparate, Möbel und Spielzeug sowie sonstige Konsumgüter finden sich kleine Überschneidungen. Dies gilt im Grundsatz auch für Frankreich, Großbritannien und Dänemark, die sich im Gegensatz zu Deutschland allerdings auch in den Bereichen biologische Analysen, Biotechnologie und Pharmazie positionieren können. Dänemark verfügt darüber hinaus über eine mit China gemeinsame Spezialisierung im Bereich Audiovisuelle Technik (vgl. Anhang II).

Mit Blick auf die aktuellen Anmeldezahlen wird darüber hinaus deutlich, dass China in den Bereichen Audiovisuelle Technik, Telekommunikationstechnik, Digitale Kommunikationstechnik, Computertechnik, Datenverarbeitung, Halbleiter, Optik mittlerweile nicht nur stärker spezialisiert, sondern auch absolut in stärkerem Maße patentaktiv ist als die Euro-

päische Union in ihrer Gesamtheit (selbst unter Einbeziehung Großbritanniens). Darüber hinaus zeigen sich in den Bereichen Mess-, Steuer-, Regeltechnik, Medizintechnik, Biotechnologie, Pharmazie sowie Teilen der Chemie erhebliche Aktivitäten, um China – ungeachtet relativer Spezialisierungen – als wichtigen Partner erscheinen zu lassen, dessen Aktivitätsniveau mittlerweile häufig das Deutsche erreicht oder auch übersteigt. Auch in den Bereichen Transport (inkl. Automotive) sowie verschiedenen Bereichen des Maschinenbaus haben sich die absoluten Anmeldezahlen in den vergangenen Jahren zumindest an das deutsche Niveau angenähert bzw. es im Bereich Umwelttechnik bereits überschritten. Vor diesem Hintergrund ist es folgerichtig, dass in den vergangenen Jahren nicht nur die Kooperation mit jenen europäischen Mitgliedsstaaten erneut angestiegen ist, die **ähnliche technologische Stärken wie China aufweisen (z. B. im Bereich Telekommunikation)**, sondern auch jene mit Deutschland, das technologisch eher komplementär spezialisiert ist.

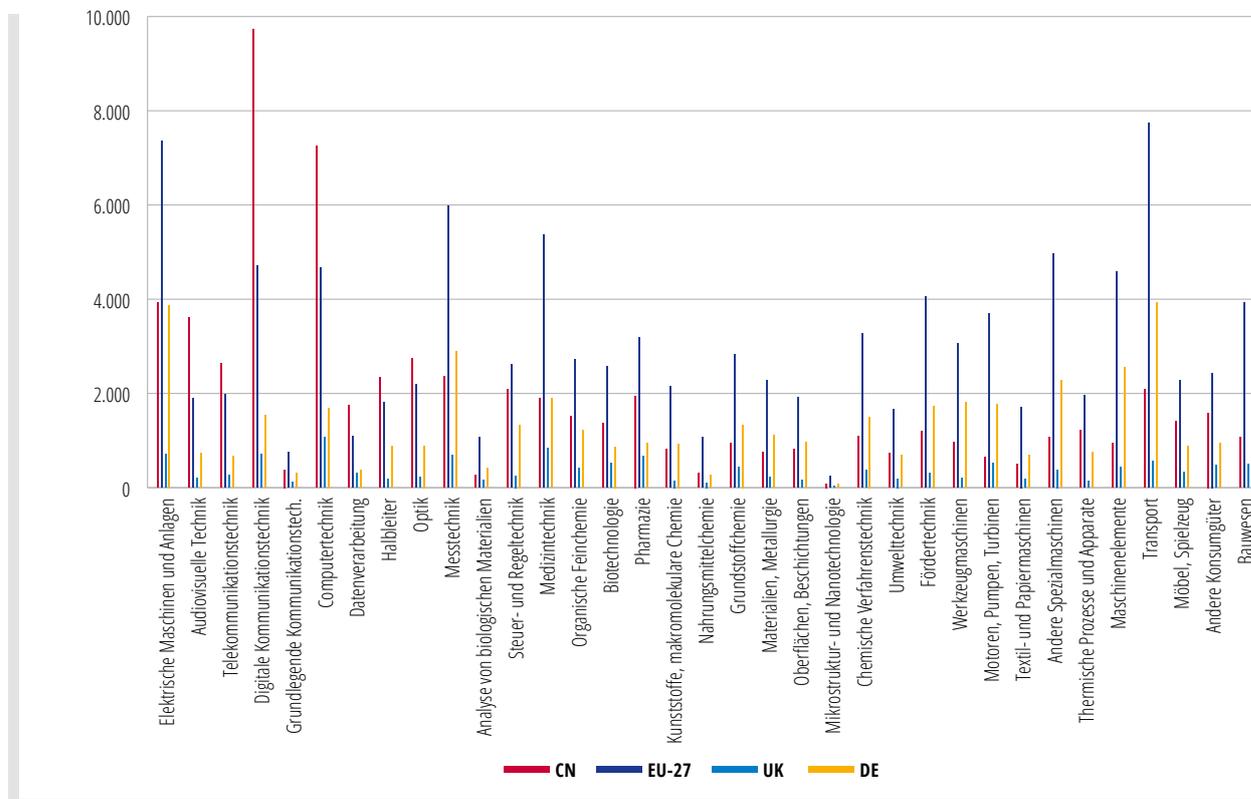
**ABBILDUNG 18: Technologisches Spezialisierungsprofil Chinas im Vergleich zu Europa bzw. Deutschland 2017 (RPA)**



QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

ERLÄUTERUNG: Der RPA-Index bezeichnet Spezialisierungen auf einer Skala von -100 bis +100, entsprechend der Formel  $RPA_{kj} = 100 * \tanh \ln \left[ \frac{(P_{kj} / \sum_j P_{kj})}{(\sum_k P_{kj} / \sum_k \sum_j P_{kj})} \right]$  wobei P=Anzahl Patente, k= Index Land, j=Index Feld; d. h. den nationalen Anteil eines Feldes in Beziehung zu seinem global üblichen Anteil setzend

ABBILDUNG 19: Absolute Zahl der Patentanmeldungen Chinas im Vergleich zur EU, Großbritannien und Deutschland 2017



QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

## Studierendenmobilität

### Chinesische Studierende im Ausland

China stellt mit 928.090 mobilen Studierenden (2017) das Land mit der höchsten Anzahl ausreisender Studierender weltweit dar. In den Ländern der Europäischen Union waren 2017 rund 188.000 chinesische Studierende mit Abschlussabsicht zu verzeichnen. Dies entspricht 11% der gesamten abschlussbezogenen Einreise-Mobilität von Studierenden in die Europäische Union. In 10 der 28 EU-Länder ist China unter den Top-5 Herkunftsländern, in den Referenzländern stellt es jeweils die höchste Zahl internationaler Studierender – mit Ausnahme Frankreichs, wo die Zahl der Studierenden aus Marokko die der aus China übertrifft. In den USA und Kanada hat sich die Zahl der chinesischen Studierenden in den 10 Jahren zwischen 2007 und 2017 jeweils mehr als verdreifacht, in Großbritannien (fast) verdoppelt. In den Ländern der

EU-28 ist lediglich ein Anstieg um 78% zu verzeichnen. In Deutschland betrug der Anstieg in diesem Zeitraum 26,7%. Zwischen 2017 und 2018 betrug er +6,5% (34.616 chinesische Studierende im Jahr 2018) (Quelle: Destatis). Im Vergleich zu den USA waren die Länder der heutigen EU-28 im Jahr 2007 noch etwas beliebter: so gingen 2,6% mehr chinesische Studierende zum Studium in die Länder der EU-28 als in die USA; im Jahr 2017 dagegen gingen 28% mehr chinesische Studierende in die USA als in die EU-28-Länder.

### Internationale Studierende in China<sup>110</sup>

2017 kamen laut den Zahlen des chinesischen Bildungsministeriums (MOE) rund 8% aller internationalen Studierenden aus der Europäischen Union. Dieser Anteil betrug im Jahr 2016 noch knapp 11%. Für die USA lässt sich ebenfalls eine fallende Tendenz

<sup>110</sup> Betrachtet werden Anteile der verfügbaren Länder aus den Daten des Ministry of Education in China, da unklar ist, wie sich die absoluten Zahlen zusammensetzten. Für 2018 sind nur die Daten der Top-15 Länder zugänglich.

TABELLE 17: Chinesische Studierende in der EU-28 – die 15 wichtigsten Gastländer 2017

15 EU-MITGLIEDSSTAATEN MIT DEN MEISTEN CHINESISCHEN STUDIERENDEN	ANZAHL CHINESISCHER STUDIERENDER	ANTEIL CHINAS AN ALLEN INTERNATIONALEN STUDIERENDEN DES LANDES	PLATZIERUNG CHINAS UNTER DEN HERKUNFTSLÄNDERN
Großbritannien	96.543	22,2	1
Deutschland <sup>1</sup>	32.512	12,6	1
Frankreich	24.788	9,6	2
Irland	19.983	10,1	1
Italien	14.531	14,9	1
Niederlande	4.929	5,1	2
Schweden	2.396	8,3	2
Spanien	2.211	3,4	7
Finnland	1.738	7,2	3
Ungarn	1.574	5,5	5
Dänemark	1.107	3,3	11
Polen	937	1,5	11
Belgien	607	1,3	9
Österreich	577	0,8	20
...	...	...	...
<b>Gesamt EU-28</b>	<b>201.008</b>	<b>10,8</b>	

QUELLE: UNESCO Studierendenstatistik

1 Anhand der Studierendenstatistik des Statistischen Bundesamts korrigierter Wert

erkennen: den Daten zufolge waren 2016 5,4% aller internationaler Studierender in China aus den USA, 2017 waren es 4,9% und 2018 4,3%. Der Anteil deutscher Studierender stieg zwischen 2016 und 2017 von 1,8% auf 2,0%, fiel 2018 jedoch auf 1,6%. Auch der Anteil Großbritanniens ist leicht gesunken: von 1,4% in 2016 und 2017 auf 1,3% im Jahr 2018. Frankreich ist unter den Ländern der Europäischen Union das Land mit den meisten Studierenden in China, allerdings ist auch hier jüngst eine Abnahme zu beobachten. 2016 betrug ihr Anteil 2,4% an allen internationalen Studierenden in China, im Jahr 2018 machten französische Studierende 2,2% aus.<sup>111</sup>

#### Temporäre Aufenthalte (Credit Mobility) – DAAD-Förderdaten

2018 gingen insgesamt 1.607 Personen aus Deutsch-

land mit einer DAAD-Förderung nach China. 179 Förderungen davon erfolgten im Rahmen der Individualförderung. 22% dieser Förderungen entfielen auf Kongress- und Vortragsreisen, die sich durch eine kurze Aufenthaltsdauer und in vielen Fällen einen eher geringen inhaltlichen Bezug (China dient primär als Tagungsort) auszeichnen und für Kooperationsbeziehungen geringere Relevanz haben. Auf die für den Aufbau von Chinakompetenz oder spätere Kooperationen relevanten Jahresstipendien für deutsche Studierende (Bachelor- oder Masterstudium) fällt mit 14,4% nur ein vergleichsweise kleiner Anteil. Jahresstipendien für deutsche Promovierende nach China gehören mit einer Förderung im Jahr 2018 zu den Programmen mit dem geringsten Anteil. Auf Kurzstipendien für integrierte Auslandspraktika und Reisebeihilfen für Auslandspraktika fallen zusammen 17%. Im Rahmen des

<sup>111</sup> Der Datensatz des MOE weist für Frankreich im Jahr 2017 einen Einbruch der absoluten Zahl auf, der nicht plausibel erscheint (von 10.414 2016 auf 585 – während der Wert für 2018 mit 10.695 wieder auf dem Niveau von 2016 liegt).

Programms „Sprache und Praxis“ absolvierten 7% der deutschen DAAD-Geförderten, die nach China gingen, ihren Aufenthalt. Mit 36 Förderungen haben die MINT-Fächer einen Anteil von 20% an allen Individualförderungen deutscher Studierender nach China. Jedoch sind nur 4 dieser 36 Förderungen Jahresstipendien; d.h. 2%. Im Rahmen des Forschungspraktikum-Programms „RISE weltweit“, das auf den MINT-Bereich ausgerichtet ist, gingen weitere 2% der gesamten 179 Geförderten nach China. 702 Studierende wurden im Rahmen des PROMOS-Programms zur Steigerung der Mobilität von Studierenden und Promovierenden deutscher Hochschulen gefördert. Die Mittel in diesem Programm werden an deutsche Hochschulen vergeben. Anders als bei den Individualprogrammen wird hier das Spektrum der möglichen Zielländer durch die Hochschulen bestimmt und das Förderangebot kann z.B. auf bestimmte Studiengänge fokussiert werden. 60% der Geförderten absolvierten einen Studienaufenthalt. 525 (rund 75% der) Aufenthalte dauerte 1–6 Monate.

#### Temporäre studiumsbezogene Aufenthalte (Credit Mobility) – Fallbeispiele aus der EU

Daten zur temporären Outbound-Mobilität werden in den meisten Ländern der Europäischen Union nicht systematisch erfasst. Anfragen bei den statistischen Ämtern und anderen offiziellen Stellen zu studienbezogenen Aufenthalten ihrer Studierenden in China ergaben vergleichsweise hohe Werte in skandinavischen Ländern: Besonders **Dänemark** weist eine hohe Zahl einheimischer Studierender auf, die für temporäre Studienaufenthalte nach China gehen. 2018 absolvierten 750 dänische Studierende einen studienbezogenen Aufenthalt in China, davon waren 520 (69%) länger als drei Monate. Mit 37% befanden sich die meisten im Bachelor-Studium, 33% strebten den tertiären Berufsbildungsabschluss „Berufsbachelor“ an („professionsbachelor“, ähnlich dem deutschen Fachhochschulabschluss) und 21% einen Masterabschluss. China hat einen Anteil von 5% an der gesamten Outbound-Auslandsmobilität Dänemarks. Betrachtet man jedoch nur Aufenthalte von mindestens drei Monaten, steigt der Anteil auf 6,5%. Die Zahl derer, die China wählten, ist höher als die entsprechenden Zahlen für Südkorea (273 bzw. 2,7%) und Japan (190 bzw. 1,9%). Eine Einrichtung, die gezielt den akademischen Austausch mit China fördert, ist

das Sino-Danish Center for Education and Research (SDC), ein Gemeinschaftsprojekt zwischen den acht dänischen Universitäten und der Chinese Academy of Sciences (CAS) sowie der University of Chinese Academy of Sciences (UCAS). Ziel ist es, die Mobilität von Studierenden und Forschenden zwischen beiden Ländern zu erhöhen, dänisch-chinesische Kooperation im Bereich Forschung und Entwicklung zu fördern und Netzwerke und kulturelles Verständnis zwischen beiden Ländern zu erhöhen. Das Center bietet Master- und PhD-Programme für chinesische und dänische Studierende und konzentriert sich auf bestimmte Forschungsfelder, die Lösungen für „gesellschaftliche Herausforderungen“ bieten können. Das SDC nimmt jährlich 150 neue Master-Studierende auf. Für das Studium in China stellt es außerdem ein Informationsangebot auf der Website bereit, z. B. in Form eines Guidebooks mit Hinweisen („Before leaving for Beijing“)<sup>112</sup>. Im Forschungsbereich versucht das Innovation Centre Denmark Shanghai (ICDK), Firmen und Forschungsinstitutionen in Dänemark mit interessanten Partnern aus China zusammenzubringen.

In **Finnland** gingen im Jahr 2018 insgesamt 359 Studierende nach China, davon waren 292 (81%) Aufenthalte länger als drei Monate. An der gesamten Outbound-Mobilität hat China einen Anteil von 2,7% und ist auf Platz 12 der beliebtesten Gastländer, nach Japan (Platz 11), aber vor Südkorea (Platz 17). In **Schweden** gingen 2017/18 insgesamt 569 Studierende nach China, was 2,4% der gesamten Outgoing-Mobilität entspricht. Diese Zahl ist wie im Fall Dänemarks höher als die der Studierenden, die nach Japan (1,7%) und Südkorea (1,5%) gingen. Auch die aktuellsten Zahlen setzen den Trend mit 579 Studierenden im akademischen Jahr 2018/19 fort.

In **Großbritannien** wurde im Juni 2013 die Initiative „Generation UK“ gestartet, die zum Ziel hat, die Zahl der einheimischen Studierenden, die einen Studiums- oder Praktikumsaufenthalt in China absolviert haben, bis 2020 auf 80.000 zu bringen. Das übergeordnete Ziel ist es, international wettbewerbsfähige Arbeitskräfte auszubilden, die insbesondere „China-ready“ sind. Dabei sollen besonders auch Studierende aus unterrepräsentierten Gruppen wie Erstakademiker, Studierende aus einkommensschwachen Haushalten sowie Angehörige ethnischer Minderhei-

112 <https://sdc.university/education/going-to-china/>

ten angesprochen werden. Für die Studiums- und Praktikumsaufenthalte werden Stipendien vergeben. Bei Studienaufenthalten beinhalten sie die Kosten für Unterbringung, Studiengebühren bis zu 30.000 RMB (rund 3.850 Euro) und eine monatliche Zahlung von 3.000 RMB (rund 380 Euro) für Lebenshaltungskosten. Im Fall der Praktika können sich Interessierte auf Angebote direkt über zwei chinesische Partnerorganisationen bewerben. Vom BC werden Gebühren für das Placement und Kosten für Unterkunft und Reisekostenversicherung übernommen sowie Abholung vom Flughafen und Support während der Zeit des Praktikums bereitgestellt. Chinesisch-Kenntnisse sind nicht nötig, es besteht die Möglichkeit, an wöchentlichen Chinesisch-Kursen sowie an einem Kulturprogramm teilzunehmen. Bis einschließlich 2018 haben insgesamt 56.333 Studierende teilgenommen. Die finalen Daten werden im März 2021 vorliegen. Da seit 2013 jährlich ein Anstieg der Zahl von durchschnittlich 10% zu verzeichnen war, erscheint die Prognose des BC realistisch, dass das Ziel erreicht wird.

**TABELLE 18: Generation UK – China**

JAHR	ANZAHL
2013	7.785
2014	8.800
2015	8.765
2016	9.662
2017	9.990
2018	11.331
<b>Ziel bis 2020</b>	<b>80.000</b>

QUELLE: British Council

**Frankreich** weist unter den Ländern der Europäischen Union die höchste Zahl an Studierenden auf, die in China studieren, worauf auch das französische Außenministerium hinweist.<sup>113</sup> Auch die Ergebnisse des EUROSTUDENT-Projekts, bei dem Daten europäischer Länder aus dem Hochschulbildungsbereich gesammelt und verglichen werden, sehen Frankreich bei temporären Studienaufenthalten in China vorn. Wie bereits im Merics China Monitor 2018 (S. 47)<sup>114</sup> festgestellt wurde, gibt es in Frankreich eine beträchtliche Zahl Schülerinnen und Schüler, die an den Schulen Chinesisch lernen. Laut dem französischen Bildungsministerium stiegen die Zahlen im Sekundarbereich von 20.000 im Jahr 2008 auf rund 45.000 im Jahr 2018. 2015 waren dafür 550 Lehrkräfte an 660 Schulen beschäftigt. Chinesisch ist in wenigen Jahren vom 9. auf den 5. Platz der unterrichteten Fremdsprachen gerückt (nach Englisch, Spanisch, Deutsch und Italienisch). Mit dem Angebot gelingt es offenbar, bereits frühzeitig einen Bezug zu dem Land herzustellen und möglicherweise die Hemmschwelle für Studienaufenthalte zu senken. An den Hochschulen lernten bezogen auf den Zeitraum 2015–16 20.000 Studierende die chinesische Sprache. Es gab 7.000 Studierende, die im Fach Angewandte Fremdsprachen Chinesisch neben Englisch als Sprache gewählt haben oder Sinologie studierten. Diese Studiengänge beinhalten oft Pflichtpraktika im Ausland. 15.000 Studierende lernten studienbegleitend Chinesisch.<sup>115</sup>

**Praktika:** In Bezug auf Praktika bestand aufgrund der Visabestimmungen für Praktikumsaufenthalte ausländischer Studierender bisher zudem ein beträchtliches Hemmnis. Großbritannien und andere Länder arbeiten hier mit privaten Firmen in China zusammen, die die Praktikumsvermittlung übernehmen und sich auch um Visumsangelegenheiten kümmern.

<sup>113</sup> Die auf der Website des Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères angegebene Zahl von 10.000 Studierenden entspricht in etwa den Zahlen des chinesischen Bildungsministeriums für Frankreich. <https://www.diplomatie.gouv.fr/en/country-files/china/france-and-china/> (zuletzt aktualisiert im März 2019).

<sup>114</sup> Stepan, M.; Frenzel, A.; Ives, J.; Hoffmann, M. (2018): Ausgangspunkte für den Ausbau von China-Kompetenz in Deutschland. China kennen, China können. Berlin: Mercator Institute for China Studies.

<sup>115</sup> Lt. dem Inspecteur général de chinois im französischen Bildungsministerium, Joël Bellassen (<https://fcae.fr/pdf/Etat-du-chinois-DEC2015.pdf> und Le Monde 03. Mai 2019).

## Europäische und nationale Strategien zur Kooperation mit China

### Beziehungen EU-China in Wissenschaft, Technologie und Innovation

Mit dem Abkommen über eine wissenschaftlich-technologische Zusammenarbeit zwischen der Commission of the European Communities und China im Dezember 1998 wurde ein erster formaler Rahmen für die WTI-Kooperation geschaffen.<sup>116</sup> Vorausgegangen war ein Diskussionsprozess über die Frage, wie Chinas Reformprozess durch die EU unterstützt werden kann. Das im März 1998 veröffentlichte Dokument „Building a Comprehensive Partnership with China“ empfahl nicht nur einen engeren politischen Dialog mit China und die Integration des Landes in die WTO, sondern auch eine stärkere Zusammenarbeit in WTI. Dadurch sollte gleichzeitig die Position der EU-Unternehmen auf dem chinesischen Markt verbessert und die chinesische Entwicklung gefördert werden. Schwerpunktthemen, so die Kommission, sollten Landwirtschaft, IKT, Biotechnologie, Materialwissenschaften, Transport, Energie sowie Umweltschutz und natürliche Ressourcen sein.<sup>117</sup>

*„Scientific and technological cooperation should be used more actively as a means to strengthen European companies' position on the Chinese market as well as supporting China's own economic development. It should focus on agriculture, information and communication technologies, biotechnology, material sciences, transport, energy, the environment and natural resources.“*

Vor dem Hintergrund der dynamischen wirtschaftlichen Entwicklung und großer Fortschritte in WTI und zur Abstimmung der langfristigen Strategien der EU und Chinas veröffentlichte die Europäische Kommission im Jahr 2013 die „EU-China 2020 Strategic Agenda“. In diesem Politikdokument nimmt die Auflistung bestehender und potenzieller Kooperations-

felder einen deutlich größeren Raum ein als zuvor, ohne aber eine Gewichtung der Themenbereiche zu liefern.<sup>118</sup> Für die Umsetzung der strategischen Agenda, so die Empfehlung im Dokument, sollen die Lenkungskomitees und der zwischenzeitlich gegründete EU China Innovation Cooperation Dialogue eingesetzt werden. Für bereits bestehende gemeinsame Forschungs- und Innovationsinitiativen in den Bereichen Nahrungsmittel, Landwirtschaft und Biotechnologie, nachhaltige Stadtentwicklung, Luftfahrt, Wasser, Gesundheit und IKT sollen gemeinsame Förderprogramme entwickelt werden. Während sich die WTI-Kooperation zwischen der EU und China nicht zuletzt aufgrund stimulierender politischer Rahmenbedingungen weiter schnell entwickelte, lässt sich seit etwa fünf Jahren eine veränderte Sicht der Politik auf die WTI-Kooperation mit China feststellen.

In einem gemeinsamen Politikdokument von 2016 stellen die EC und der EU-Außenbeauftragte fest, dass der weltwirtschaftliche Aufstieg Chinas und der damit verbundene Einfluss auf globale Governance-Strukturen eine Politikänderung auf Seiten der EU verlangt. Die EU müsse ihre eigenen Interessen und Werte China gegenüber stärker vertreten, gleichzeitig aber unterstützend wirken, um China eine bedeutendere Rolle im internationalen System einzuräumen. Die EU-Strategie gegenüber China soll aber weiterhin basieren auf „a positive agenda of partnership coupled with the constructive management of differences.“<sup>119</sup>

Resultierend aus den schleppenden Verhandlungen über ein bilaterales Investitionsabkommen mit China, dem wachsenden Einfluss Chinas im Rahmen der 16+1-Initiative auf die zentral- und osteuropäischen Länder und nicht zuletzt auch vor dem Hintergrund des politischen Drucks der US-Regierung<sup>120</sup>

<sup>116</sup> Agreement for scientific and technological cooperation between the European Community and the Government of the People's Republic of China. 1998. Official Journal of the European Communities. L6/40–40. 11,1,2000.

<sup>117</sup> Commission of the European Communities (1998) *Building a Comprehensive Partnership with China*. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:1998:0181:FIN:EN:PDF>

<sup>118</sup> EU Commission (2013): EU-China 2020 Strategic Agenda for Cooperation. [http://eeas.europa.eu/archives/docs/china/docs/eu-china\\_2020\\_strategic\\_agenda\\_en.pdf](http://eeas.europa.eu/archives/docs/china/docs/eu-china_2020_strategic_agenda_en.pdf)

<sup>119</sup> EC and High Representative of the Union for Foreign Affairs and Security Policy (2016): Joint Communication to the European Parliament and the Council. Elements on a new strategy on China. [https://eeas.europa.eu/sites/eeas/files/joint\\_communication\\_to\\_the\\_european\\_parliament\\_and\\_the\\_council\\_-\\_elements\\_for\\_a\\_new\\_eu\\_strategy\\_on\\_china.pdf](https://eeas.europa.eu/sites/eeas/files/joint_communication_to_the_european_parliament_and_the_council_-_elements_for_a_new_eu_strategy_on_china.pdf) Dazu auch das Executive Summary vom 22.6.2016: [https://eeas.europa.eu/delegations/china\\_en/15397/Elements%20for%20a%20New%20EU%20Strategy%20on%20China](https://eeas.europa.eu/delegations/china_en/15397/Elements%20for%20a%20New%20EU%20Strategy%20on%20China)

<sup>120</sup> Cameron, Fraser (2019) China als neuer Rivale der Europäischen Union, GIGA Focus Asien, Nr. 7, Oktober.

veröffentlichte die Europäische Kommission im März 2019 ein neues, an die sich verändernden Rahmenbedingungen angepasstes Politikdokument zu China. Unter dem Titel "EU-China – A Strategic Outlook" definiert die EC nun China als einen "economic competitor in the pursuit of technological leadership, a systemic rival promoting an alternative model of governance".<sup>121</sup> Obwohl das Dokument nicht explizit Beschränkungen in der WTI-Kooperation mit China benennt, wird an verschiedenen Stellen eine engere Zusammenarbeit zwischen den EU-Mitgliedsstaaten gefordert, um die gemeinsame Position der EU gegenüber China zu stärken. Dazu zählt die Etablierung einer European Strategy for Artificial Intelligence, die auf europäischen Werten basieren und vertrauenswürdig sein müsse. Weiterhin wird eine gemeinsame europäische Politik zum Schutz vor Cyber-Angriffen und gegenüber 5G-Risiken gefordert.<sup>122</sup>

Die Europäische Kommission hat in ihrer „Roadmap for EU-China S&T Cooperation“ (EC 2018) eindrucksvoll dargelegt, wie vielfältig die Forschungskooperationen geworden sind und wie bedeutend Chinas Beteiligung im FP7-Programm und Horizon 2020-Programm war. Gleichzeitig wird in diesem Dokument auch auf die Defizite in den Rahmenbedingungen hingewiesen, wie beispielsweise den mangelnden Schutz geistiger Eigentumsrechte, der ausländische Unternehmen davon abhalten würde, mehr in FuE in China zu investieren.<sup>123</sup>

Ein klares Votum für eine stärkere WTI-Zusammenarbeit sprechen Veugelers und Baltensperger (2019) in ihrem Forschungsbericht „Europe – the Global Centre for Excellent Research“ aus. Sie argumentieren, dass sich die weltweite Erhöhung der Forschungskapazitäten sowohl auf die Vergrößerung des Talentpools ausgewirkt habe als auch auf die Möglichkeiten zur Spezialisierung. Gleichzeitig hätte, so die Autoren, diese Entwicklung aber auch zu einem gestiegenen Wettbewerb um Investitionen und Talente und zu globalen Führerschaften in kritischen Technologiefel-

dern geführt. Um ein globales Zentrum für exzellente Forschung zu sein, müsste die EU und ihr Forschungsrahmenprogramm weiter offen für ausländische Talente sein und mit international starken EU-Partnern – explizit wird hier China genannt – außerhalb der Region zusammenarbeiten.<sup>124</sup> Dass die Kooperation mit China sogar in hoch kompetitiven Bereichen sinnvoll sein kann, darauf weist Jos Leijten (2019: 6–7) hin. So seien die Anforderungen an die technologische Expertise bei Innovationen oft so komplex und die Investitionen dafür so hoch, dass eine Kollaboration notwendig sei. Darüber hinaus könnten viele globale Herausforderungen wie Klimawandel sowie das Angebot von Nahrungsmitteln und Wasser nur grenzüberschreitend gelöst werden. Dies wiederum würde auch komplexe Formen der Zusammenarbeit erfordern.<sup>125</sup>

### Nationale Strategien zur Kooperation mit China

Auch jenseits der europäischen Ebene stellen sich einzelne Staaten in unterschiedlicher Weise gegenüber China auf. In Deutschland wird die Kooperation mit China als Chance und Herausforderung zugleich verstanden. Die Abstimmung der bilateralen Kooperationsaktivitäten erfolgt auf der Basis des 1978 zwischen dem BMBF und dem chinesischen MOST abgeschlossenen Regierungsabkommens über wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit (WTZ) und im Rahmen einer gemeinsamen Kommission, die ca. alle zwei Jahre zusammentrifft. Für spezielle Schwerpunktthemen existieren Lenkungsausschüsse, die die Koordination übernehmen. Im Rahmen der 2011 erstmals durchgeführten Regierungskonsultationen wurden u. a. auch verschiedene bilaterale Kooperationsabkommen mit dem MOST sowie dem Ministry of Education (MOE) unterzeichnet. Schwerpunkte der bilateralen Zusammenarbeit resultieren aus gemeinsamen Interessen in der Grundlagenforschung und der Lösung globaler gesundheitlicher und ökologischer Herausforderungen. Vor diesem Hintergrund sind insbesondere die Themen Umwelttechnologien, Meeresforschung und Lebenswissenschaften zu nen-

121 European Commission and HR/VP contribution to the European Council (2019). EU-China – A Strategic Outlook. <https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/communication-eu-china-a-strategic-outlook.pdf>

122 Ebenda, S. 9–10.

123 European Commission (2018) Roadmap for EU-China S&T Cooperation. October. [https://ec.europa.eu/research/iscp/pdf/policy/cn\\_roadmap\\_2017.pdf](https://ec.europa.eu/research/iscp/pdf/policy/cn_roadmap_2017.pdf)

124 Veugelers, Reinhilde und Michael Baltensperger (2019): Europe – the Global Centre for Excellent Research. Requested by the ITRE Committee, European Parliament.

125 Leijten, Jos (2019): Innovation Policy and international relations: directions for EU diplomacy. European Journal of Futures Research.

nen. Neben Klimaforschung wurden im Kontext der fünften deutsch-chinesischen Regierungskonsultationen im Sommer 2018 die Bereiche Industrie 4.0, Berufsbildung und Kooperationen in den Geistes- und Sozialwissenschaften thematisiert.<sup>126</sup>

Die Bedeutung der strategischen Partnerschaft in zahlreichen Politikbereichen zwischen Deutschland und China wurde mit dem 2014 beschlossenen Aktionsplan „Innovation gemeinsam gestalten“ nochmals bekräftigt. Um der besonderen Rolle Chinas als neu entstehender Forschungs- und Innovationsnation Rechnung zu tragen, wurde vom BMBF in Diskussion mit Experten aus der deutschen Forschungslandschaft eine „China-Strategie“ entwickelt. Sie stellte für den Zeitraum 2015–19 „einen kohärenten und systematischen Rahmen für die Zusammenarbeit mit China in den Bereichen Bildung, Forschung und Innovation dar“.<sup>127</sup> Zu den Zielen der „China-Strategie“ zählten die Erhöhung der China-Kompetenz in Deutschland und der Aufbau nachhaltiger wissenschaftlicher Kooperationsstrukturen. Diese Ziele werden auch nach dem Auslaufen der Strategie weiter verfolgt. Hierfür spielt die Verbesserung der Rahmenbedingungen sowie ein vertieftes Verständnis über die jeweiligen Förderstrukturen und Prozesse eine wichtige Rolle. Dabei wird Deutschlands China-Politik im Bereich WTI-Kooperation kontinuierlich an die sich wandelnden politischen, ökonomischen und technologischen Rahmenbedingungen angepasst. Vor diesem Hintergrund stellt der vorliegende Bericht die WTI-Kooperationsansätze ausgewählter europäischer Partnerländer in der Zusammenarbeit mit China sowie deren Erfahrungen vor.

Am Beispiel Großbritannien, Frankreich und Dänemark werden im Folgenden aktuelle nationale Strategien in der Kooperation mit China untersucht. Es überrascht nicht, dass die größten EU-Mitgliedsstaaten auch die wichtigsten Partner Chinas in der FuE-Kooperation sind, allen voran Großbritannien. Aber auch die kleineren EU-Mitgliedsstaaten, wie beispielsweise Dänemark mit knapp 6 Millionen Einwohnern, sind aktiv in der Zusammenarbeit mit China, so dass auch Erkenntnisse hierzu von Bedeutung sind. Der

Vergleich der nationalen Strategien konzentriert sich auf folgende Fragen: 1. Welche Bedeutung räumen die ausgewählten Länder China als WTI-Kooperationspartner ein? 2. Bei welchen Themen und mit welchen Programmen kooperieren die EU-Mitgliedsländer mit China? 3. Welche Strukturen unterstützen die Zusammenarbeit mit China in den Bereichen Forschung und Innovationskooperation? Für die Beantwortung dieser Fragen wird zunächst die Entwicklung der bilateralen Beziehungen betrachtet, dann werden die wichtigsten Programme und Initiativen vorgestellt und abschließend relevante Akteure und ihre Netzwerke untersucht, die für die Unterstützung der Kooperation von Bedeutung sind.

### Großbritannien

#### Bedeutung Chinas als WTI-Kooperationspartner

In Großbritannien erfolgt die Abstimmung gemeinsamer WTI-Prioritäten und Aktivitäten über die alle zwei Jahre tagende UK-China Science and Innovation Joint Commission. Die gemeinsame Kommission bereitete auch das bilaterale Rahmenabkommen über die Zusammenarbeit in Wissenschaft und Technologie von 1978 vor. In den folgenden mehr als vier Dekaden der WTI-Kooperation zwischen Großbritannien und China ist ein sehr komplexes institutionelles Netzwerk entstanden, von dem beide Seiten aus Sicht britischer Experten profitiert haben. Als Leitmotiv für die bilaterale Zusammenarbeit mit China wirkte vor allem in der letzten Dekade die Idee vom „global race“, in dem sich Großbritannien aus Sicht der politischen Elite befindet. Die vom ehemaligen Premierminister David Cameron stammende Forderung, dass Großbritannien sich dem internationalen Wettbewerb stellen müsse, beeinflusste die Sicht der Regierung auf die Chancen und Herausforderungen einer Kooperation mit China (Bound et al. 2013: 65–66).<sup>128</sup> Vorausgegangen war eine Veröffentlichung des britischen Außenministeriums (Foreign & Commonwealth Office 2009), in der Chinas wirtschaftliche und politische Bedeutung für Großbritannien hervorgehoben wurde. Die Veröffentlichung mit dem Titel „The UK and China: A Framework of Engagement“ hob hervor, dass Chinas Entwicklung sowohl Auswirkungen auf den eigenen Wohlstand, den Fortgang der

<sup>126</sup> Kooperation International (2020): China – Kooperation auf Augenhöhe, Online: <https://www.bmbf.de/de/china-intensive-zusammenarbeit-zur-bewaeltigung-globaler-herausforderungen-471.html>

<sup>127</sup> Ebenda.

<sup>128</sup> Bound, Kirsten et al. (2013): China's absorptive state. Research, innovation and the prospects for China-UK collaboration. NESTA.

Globalisierung, die Erreichung von Klimazielen, die Entwicklungsmöglichkeiten anderer Entwicklungsländer, die internationale Sicherheit und die Handlungsfähigkeit internationaler Institutionen habe.<sup>129</sup>

Eine realistische Einschätzung der eigenen Stärke spiegelt sich in der Ende 2011 vom Ministry of Business, Innovation and Skills vorgestellten „Innovation and Research Strategy for Growth“ wider. Großbritanniens Position als eine globale Führungsmacht in Innovation und Forschung, so die Strategie, hänge von international mobilen und für die Kooperation offenen Fachkräften ab. Ausgehend von diesem Verständnis nennt die Strategie fünf Säulen<sup>130</sup> für Großbritanniens internationales Engagement und kündigte an, eine offene Umgebung für die vielversprechendsten Ideen zu schaffen, unabhängig von ihrer Herkunft. China und Indien wurden neben den USA und den EU-Ländern als Partner genannt, da sie neue Chancen für die Wirtschaft und die wissenschaftliche Zusammenarbeit bieten würden (BIS 2011: 6):<sup>131</sup>

*“Open innovation means harnessing new knowledge wherever it comes from. UK businesses and research institutions already have strong partnerships with the USA and the EU, which we will reinforce. But the geography of innovation is changing. Fast growing economies like China and India offer new opportunities for both business and scientific co-operation.”*

Die BIS-Strategie forderte die Umsetzung folgender konkreter Initiativen für die Kooperation mit China bis 2020: 1. Zusammenarbeit der britischen CATALYT-Zentren mit den chinesischen Torch-Innovationszentren nach deren Gründung, 2. Ausweitung des Projekts „UK-China Partnership in ICT“, 3. Beratung und Betreuung von Unternehmen durch das neue britische IPR-Büro in Beijing zu Fragen des Schutzes geistiger Eigentumsrechte und 4. Ausweitung der

Zusammenarbeit mit dem chinesischen MOST auf gemeinsame Ausschreibungen von Projekten mit dem Ziel langfristiger Kooperation (BIS 2011: 69).

Der WTI-Partnerschaft mit China maß die britische Regierung in den letzten Jahren auch vor dem Hintergrund des sich abzeichnenden Austritts aus der EU („Brexit“) eine nochmals größere Bedeutung bei. Stellvertretend hierfür steht die erste gemeinsam zwischen Großbritannien und China erarbeitete und Anfang Dezember 2017 vorgestellte WTI-Kooperationsstrategie „UK-China Joint Strategy for Science, Technology and Innovation Cooperation“. Auf der britischen Seite war daran das *Department for Business, Energy and Industrial Strategy* (BEIS)<sup>132</sup> und auf der chinesischen Seite das MOST beteiligt. Mit der gemeinsamen Strategie wird aus britischer Sicht ein neues Kapitel in den bilateralen Beziehungen aufgeschlagen, der Beginn einer „goldenen Ära“. Die jeweiligen Stärken beider Länder, so die neue WTI-Strategie, seien hoch komplementär: Großbritannien habe in den Grundwissenschaften, in der Forschung und Innovation eine herausragende Position und eine technologische Führungsrolle in einer Reihe von Sektoren. China sei dagegen sehr innovativ in ingenieurwissenschaftlichen Bereichen und in neuen innovativen Geschäftsmodellen, verfüge über ein reiches Reservoir an Talenten und eine einzigartige Infrastruktur (UK-China S&T Joint Strategy 2017: 3).

### Themen und Programme

Zu den wichtigsten britischen Akteuren in der WTI-Kooperation mit China zählt die *UK-China Science and Innovation Joint Commission*, die seit 1998 regelmäßig alle zwei Jahre zusammenkommt und die Richtlinien der Kooperation festlegt. Daneben besitzt die *United Kingdom Research and Innovation* (UKRI), die seit April 2018 als Dachorganisation verschiedener Institutionen fungiert, eine zentrale Rolle. Zwischen 2002 und 2018 hatte die Vorgängereinstitution die *Research*

<sup>129</sup> Foreign and Commonwealth Office (2009): The UK and China: A Framework of Engagement, <https://www.lancaster.ac.uk/fass/projects/ndcc/download/uk-and-china.pdf>

<sup>130</sup> Die fünf Säulen sind 1. Förderung der britischen Forschungs- und High tech-Sektoren im Ausland, 2. Unterstützung der britischen Unternehmen und Wissenschaftler beim Zugang zu internationalen Märkten und Kooperationen, 3. Dafür sorgen, dass Großbritannien weiterhin attraktiv für global mobiles Kapital, Technologie und hochqualifizierte Arbeitskräfte bleibt, 4. stärkeres Engagement im EU-Markt, und 5. Aufbau strategischer Verbindungen mit wachstumsstarken Ökonomien. BIS (2011: 62).

<sup>131</sup> BIS (Ministry of Business, Innovation and Skills) (2011): Innovation and Research Strategy for Growth, [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/229028/8239.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/229028/8239.pdf)

<sup>132</sup> BEIS and MOST (2017): UK-China Joint Strategy for Science, Technology and Innovation Cooperation, [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/665199/uk-china-strategy-science-technology-innovation-cooperation.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/665199/uk-china-strategy-science-technology-innovation-cooperation.pdf). Das BEIS wurde von der ehemaligen Premierministerin Theresa May nach Zusammenlegung des Department of Business, Innovation and Skills mit dem Department of Energy and Climate Change Anfang Juli 2016 gegründet.

*Councils United Kingdom* (RCUK) als Dachorganisation fungiert. Der Dachorganisation unterstehen die Innovationsförderagentur *InnovateUK*, der Forschungsrat *Research England* (zuständig für die Forschungsfinanzierung an englischen Hochschulen) sowie sieben weitere britische Forschungsräte. Diese fördern auch Projekte und andere Forschungsaktivitäten in ihren Feldern mit China.<sup>133</sup> Der folgende Ausschnitt aus Projekten, die über die RCUK bzw. die UKRI gefördert wurden, spiegelt die Vielfalt der Themen wider<sup>134</sup>:

- In den Jahren 2008 und 2009 führten die RCUK in Zusammenarbeit mit dem MOST zwei gemeinsame Ausschreibungen für energiebezogene Projekte mit dem Schwerpunkt auf Wasserstoff und Brennstoffzellen sowie sauberen fossilen Brennstoffen durch. Der RCUK-Anteil lag bei 6,6 Mio. GBP sowie 4,5 Mio. GBP in den jeweiligen Jahren.
- Im Jahr 2012 starteten RCUK und das MOST ein gemeinsames Programm mit dem Titel „China-UK Programme in Global Priorities“, das die Zusammenarbeit zwischen Forschergruppen beider Länder zu den Themen gesundes Altern sowie Energie- und Nahrungsmittelsicherheit erleichtern sollte. Beide Seiten investierten jeweils 1 Mio. GBP und förderten vier Projekte.
- Seit 2008 war der RCUK an gemeinsamen Ausschreibungen mit der NSFC zu Themen wie Carbon Capture and Storage, Smart Grids und E-Fahrzeuge beteiligt, vom RCUK wurden dafür 8,65 Mio. GBP bereitgestellt. Konkret förderte beispielsweise der Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC) die Kooperation mit MOST, CAS und NSFC zu Themen wie low-carbon cities, low-carbon manufacturing und offshore renewable energy technologies. EPSRC und NSFC stellten im Jahr 2014 für die Weiterführung der Zusammenarbeit einen Betrag von 20 Mio. GBP zur Verfügung.
- Nach Förderung von neun Pilotprojekten über die UK-China Stem Cell Partnership Development Initiative im Jahr 2012 wurden über den

Medical Research Council (MRC) im Jahre 2014 weitere Projekte für gemeinsame Stammzellenforschung ausgeschrieben.

- Um die Zusammenarbeit zwischen britischen und ausländischen Laboratorien, den Austausch von Wissenschaftlern und den Zugang zu Forschungseinrichtungen zu fördern, schrieb der BBSRC im Herbst 2019 Partnership Awards aus, die mit jeweils 30.000 GBP notiert waren.
- Der Science and Technology Facilities Council (STFC) arbeitet eng mit der CAS zusammen und verlängerte Ende 2016 die Kooperation mit der CAS in der UK-China Science and Innovation Joint Commission. Der STFC hat gleichzeitig eine langjährige Zusammenarbeit mit der NSFC. Der Council war auch aktiv bei der Förderung der Kooperation zwischen der britischen Raumfahrtindustrie und der chinesischen Beihang Universität.

Mit der neuen gemeinsam veröffentlichten WTI-Kooperationsstrategie (BEIS und MOST 2017), werden die zukünftigen Schwerpunkte der Kooperation wie folgt definiert: In der Grundlagenforschung liegt der Fokus auf Lebenswissenschaften, Medizin, Physik, Mathematik, Astronomie, Meteorologie und Klimaforschung, Kunst und Geisteswissenschaften. Beide Länder wollen den gegenseitigen Zugang zur eigenen Forschungsinfrastruktur erleichtern sowie den wissenschaftlichen Austausch und die Zusammenarbeit in bedeutenden Projekten fördern. Verschiedene Formate wie gemeinsame Forschungs- und Innovationszentren für die Kooperation in der Grundlagenforschung sollen weiter erschlossen und die Zahl der gemeinsam veröffentlichten Forschungsartikel mit hohem Impact-Faktor vergrößert werden.

Für die Zusammenarbeit in der Innovation wollen beide Länder prioritäre Bereiche und Themen auswählen und neue Technologien kommerzialisieren. Die Liste der Themen ist sehr umfangreich, schließt aber an vorherige Themen an. Der Fokus liegt auf Nahrungs-

**133** Dazu zählen: 1. Arts and Humanities Research Council (AHRC), 2. Biotechnology and Biological Sciences Research Council (BBSRC), 3. Economic and Social Research Council (ESRC), 4. Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC), 5. Medical Research Council (MRC), 6. Natural Environment Research Council (NERC) und 7. Science and Technology Facilities Council (STFC). Auf den Webseiten der Forschungsräte sind die Kooperationsaktivitäten mit China zu finden.

**134** Zusammenstellung aus verschiedenen Quellen: Delegation of the European Union to China (2012): Science, Research and Innovation: Co-operation between the European Union, Member States and China. [https://ec.europa.eu/research/iscp/pdf/sfic/co-operation-europe-china-may-2012\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/research/iscp/pdf/sfic/co-operation-europe-china-may-2012_en.pdf); Bound et al. 2013 sowie Webseiten der verschiedenen Forschungsräte.

mittelsicherheit, nachhaltige Energien, Erforschung wichtiger Krankheiten und auf Umweltfragen, für die Technologien in folgenden Bereiche entwickelt werden sollen: Saatgut, Wasser- und Bodenkonservierung, erneuerbare Offshore-Energien, intelligente Technologien und Energiespeicherung, Beheizung und Effizienz von Gebäuden, Urbanisierung, Mobilität (inkl. Batterien), Luftverschmutzung und menschliche Gesundheit, neue Therapien (wie Zell- und Gentherapien), antimikrobielle Resistenz, alternde Gesellschaft sowie Stärkung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Naturkatastrophen. Die meisten dieser Themen haben Überlappungen mit den „acht großen Technologien“, die das britische Wirtschaftsministerium Anfang 2013 vorstellte, und die das zukünftige Wachstum in Großbritannien stützen sollen.<sup>135</sup>

Um die Zusammenarbeit zu stärken, wird in der aktuellen gemeinsamen Strategie noch stärker auf den Austausch im Rahmen der UK-China Science and Innovation Joint Commission gesetzt und darüber hinaus auf die Gründung eines UK-China Science and Innovation Dialogue, der für die strategische Ausrichtung eingesetzt wird. Eine Expertengruppe soll den Dialog unterstützen und beraten. Gemeinsam sollen Themen und sogenannte Flagship Challenge Programmes ausgewählt werden. Für 2018 fiel die Wahl auf Agrartechnologien als gemeinsamen Forschungsfokus. Unter Leitung des Agri-EPI, eines der vier britischen Zentren für Agrartechnologien, sollen intelligente Technologien für die Steigerung der Erträge eingesetzt, die Nutzung von Chemikalien reduziert und die Qualität der Agrarerzeugnisse verbessert werden. Für das Jahr 2019 wurde als Flagship Challenge das Thema gesundes Altern ausgewählt (Government UK 2018).<sup>136</sup>

Zur Finanzierung der gemeinsamen Innovationsaktivitäten hat der 2014 gegründete UK-China Research and

Innovation Partnership Fund rund 200 Mio. GBP für einen Zeitraum von mehreren Jahren (2014–21) bereitgestellt. Thematische Schwerpunkte der Förderung waren bisher die Bereiche Bildung, Energie, Umwelttechnologien, Nahrungsmittelsicherheit und Wasser, Gesundheit und Urbanisierung. Bis September 2017 wurden rund 450 individuelle Partnerschaften verteilt auf 40 Programme und Förderinitiativen unterstützt (Dragon Star o.J.). Für die zukünftige Ausweitung der Zusammenarbeit und die langfristige Umsetzung der Strategie sollen neue Mittel in den Fonds fließen.<sup>137</sup>

### Unterstützende Strukturen

Die britische WTI-Politik gegenüber China zeichnet sich durch zahlreiche Institutionen aus, die Kooperationen initiieren und ihre Nachhaltigkeit unterstützen und damit zur Vielfalt von Forschungs- und Innovationsaktivitäten beitragen. Dazu zählt das UK Science and Innovation Network (SIN), das in China ebenfalls vertreten ist. Gemeinsam finanziert durch das Außenministerium und das BEIS sind insgesamt 14 SIN-Mitarbeiter in der Botschaft in Beijing und in den Generalkonsulaten in Shanghai, Guangzhou und Chongqing tätig. Der Fokus liegt auf sieben Themen mit ähnlichen Prioritäten in Großbritannien und China: Agrartechnologien und Wasserqualität, verarbeitende Industrie und fortgeschrittene Materialien, Urbanisierung, Energie- und Umwelttechnologien, Raumfahrt und Satelliten-Applikationen, Lebenswissenschaften sowie Kreativwirtschaft (UK Government o.J.).<sup>138</sup> Ein Beispiel für die Arbeit der SIN ist ihre Unterstützung britischer Unternehmen aus dem Bereich urbane Dienstleistungen, die FuE und Geschäftskontakte in China aufbauen wollen. SIN wählte 38 Unternehmen aus verschiedenen Bereichen aus, die auf der China Smart City International Expo 2018 in Shenzhen das britische Projekt „Future Cities Catapult“ unterstützen (SIN o.J.).<sup>139</sup> Seit 2007 ist auch die Förderorganisation UK Research and Innovation (UKRI) in China

**135** In der Rede des britischen Wirtschaftsministers Willets vom Januar 2013 werden zu den acht Technologien, die besonders gefördert werden, folgende gezählt: big data, space, robotics and autonomous systems, synthetic biology, regenerative medicine, agri-science, advanced materials and energy. Government UK 2013: Eight great technologies, <https://www.gov.uk/government/speeches/eight-great-technologies>

**136** Government UK (2018): UK and Chinese ministers celebrate 40th anniversary of scientific relations, 29.11.2019. <https://www.gov.uk/government/news/uk-and-chinese-ministers-celebrate-40th-anniversary-of-scientific-relations>

**137** Der UK-China Research and Innovation Partnership Fund ist Teil des Newton Fund, der für den o.g. Fünfjahreszeitraum ein Volumen von insgesamt 375 Mio. GBP umfasst und für die Förderung von Forschungs- und Innovationsinitiativen mit Schwellenländern bestimmt ist.

**138** UK Government (o.J.): UK Science and Innovation Network in China. <https://www.gov.uk/world/organisations/uk-science-and-innovation-network-in-china>

**139** SIN (o.J.): SIN helps the Future Cities Catapult to launch Future Cities Business Portfolio for China. UK Science and Innovation Network Case Study.

aktiv. Zwischen 2007 und 2018 unterstützte UKRI die gemeinsame Forschung und Programme mit China mit 257 Fördermaßnahmen (rund 275 Mio. GBP), an denen rund 200 Partnerinstitutionen und Unternehmen beteiligt waren.

Eine wichtige Netzwerkfunktion kommt auch dem jährlich stattfindenden Innovationsdialog zwischen BEIS und MOST sowie den Sektor-Dialogen zu, die Kooperationen fördern. Beispielsweise besteht ein jährlicher Dialog zu Fragen von Energiesicherheit und Entwicklung verschiedener Energieträger. Neben den für Energiepolitik zuständigen britischen und chinesischen Ministerien nehmen auch Unternehmen, wissenschaftliche Einrichtungen und NGOs am Dialog teil. Auf dem 5. Energiedialog 2017 in Beijing wurde ein Aktionsplan zur Implementierung der 2015 vereinbarten UK-China Clean Energy Partnership vorgestellt. Gemeinsame Projekte und Aktivitäten beziehen sich sowohl auf Forschung und Innovation als auch auf Anwendungsbereiche. Die Bedeutung dieser Zusammenarbeit wird durch die Gründung des Energy and Low Carbon Prosperity Fund Programme unterstrichen (UK Government Energy Dialogue).<sup>140</sup>

Für die bilaterale Forschungsk Kooperation sind ebenfalls gemeinsame Laboratorien und Forschungszentren von besonderer Bedeutung. So gibt es zahlreiche Labore und Forschungszentren, die gemeinsam von britischen und chinesischen Universitäten gegründet wurden. Ein aktuelles Beispiel ist das Sino-UK Joint Center for Earth and Planetary Sciences, das im Juli 2019 von der Universität Leeds und der CAS eröffnet wurde. Daneben entstanden in der letzten Dekade auch größere gemeinsame Laboratorien in prioritären Kooperationsbereichen. So wurde beispielsweise 2016 das Centre of Excellence for Plant and Microbial Science (CEPAMS) in Shanghai eröffnet, in dem die CAS und das John Innes Centre gemeinsame Forschungen durchführen. Im Jahr 2015 erfolgte außerdem die Gründung des UK-China Joint Research and Innovation Centre in Beijing. Hier kooperieren das britische National Nuclear Laboratory und die China National Nuclear Corporation. Forschungs labore entstanden auch auf Unternehmensebene wie das beispiels-

weise im März 2019 gegründete Forschungszentrum TUS-ORE Catapult Research Centre. Partner auf der UK-Seite ist das auf offshore renewable energy spezialisierte Unternehmen ORE Catapult Development Services Ltd. und die chinesischen Unternehmen TUS Wind Technology Co Ltd. in Beijing und TUS Mingshi Science and Innovation Co. Ltd, Yantai/Provinz Shandong. Das gemeinsame Forschungszentrum will eine führende Rolle in der Forschung und Entwicklung von erneuerbaren Energietechnologien übernehmen und das Wachstum der entsprechenden Industrien in Großbritannien und China fördern.

### Frankreich

#### Bedeutung Chinas als WTI-Kooperationspartner

Mit dem Aufstieg Chinas zu einer globalen Wirtschaftsmacht veränderte sich die Sicht der französischen Politik auf das Land, und die Beziehung zu China wurde im Jahr 2004 als „globale strategische Partnerschaft“ neu definiert. Zuvor war bereits im Jahr 2001 ein strategischer Dialog mit China zur Reform der globalen Governance-Strukturen in der Weltwirtschaft, zum Klimawandel und zu regionalen Krisen begonnen worden. Die Bedeutung Chinas wurde nochmals unterstrichen mit der Einführung des jährlichen hochrangigen Wirtschafts- und Finanzdialogs im Jahr 2013 und des hochrangigen Dialogs über einen akademischen, wissenschaftlichen und kulturellen Austausch im Jahr 2014 (MAEE 2019).<sup>141</sup>

Der Rahmen für die wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit beider Länder war im Januar 1978 mit einem offiziellen Abkommen festgelegt und später durch eine Vereinbarung über die Einhaltung geistiger Eigentumsrechte (Jahr 1998) ergänzt worden. Die institutionelle Ausgestaltung der WTI-Beziehungen umfasste in den Folgejahren eine Reihe von Abkommen über bestimmte Forschungsbereiche und die Kooperation zwischen französischen und chinesischen Organisationen. Dazu zählte beispielsweise das Abkommen über die Forschung zu neuen Infektionskrankheiten (2004) zwischen dem Außenministerium (Ministère des Affaires Étrangères et Européennes/MAEE) und dem MOST. Darauf folgte 2007 eine Kooperationsvereinbarung über die

<sup>140</sup> UK Government (2017): UK-China Energy Dialogue. The 5th annual UK-China Energy Dialogue has taken place in Beijing. <https://www.gov.uk/government/news/uk-china-energy-dialogue>. Zum Programm: <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=UK+Energy+and+Low+Carbon+Prosperity+Fund+programme>

<sup>141</sup> MAEE (2019): Relations bilatérales, France Diplomatie, 28 June 2019. <https://www.diplomatie.gouv.fr/fr/dossiers-pays/chine/re-lations-bilaterales>

Zusammenarbeit in der traditionellen chinesischen Medizin (MAEE und State Administration of Traditional Chinese Medicine/SATCM). Anlässlich des Besuchs des damaligen Präsidenten Sarkozy Ende November 2007 wurden außerdem Abkommen über die Zusammenarbeit zum Thema nachhaltige Entwicklung (Ministerebene) und über die Kooperation zwischen den französischen „Clustern der Wettbewerbsfähigkeit“ und den chinesischen High-Tech Parks (französisches Wirtschaftsministerium und MOST) geschlossen. Das letztgenannte Abkommen ist Teil der Innovationskooperation, die seit 2005 im Rahmen des regelmäßig durchgeführten WTI-Dialogs diskutiert wird.

Unter der Präsidentschaft von Emmanuel Macron haben die bilateralen Beziehungen einen neuen Aufschwung erfahren. Obwohl sich der Staatspräsident während seiner Chinabesuche im Januar 2018 und November 2019 auch kritisch zu verschiedenen Themen äußerte, scheint seine grundsätzliche Einstellung China gegenüber positiv zu sein und ist von einer proaktiven Politik begleitet. Für eine offene Haltung zu China ist Macron bereits in seinem Buch „Die Revolution“ (2017) eingetreten. In diesem Buch rief er dazu auf, die Sicht auf China zu ändern, Vorurteile fallen zu lassen und neue Akzente zu setzen. China würde dann nicht als Gefahr erscheinen, sondern als Chance (Erling 2018).<sup>142</sup> Der gemeinsame Aktionsplan für die französisch-chinesischen Beziehungen, der am Ende des zweiten Staatsbesuchs Macrons in China Anfang November 2019 veröffentlicht wurde, spiegelt die Schwerpunkte der Partnerländer wider. So enthält der Aktionsplan nicht nur ein Bekenntnis zur Fortsetzung der Dialogformate, sondern auch der weiteren Zusammenarbeit im Klimaschutz, in der Flugzeugindustrie, im Raumfahrtsektor (u. a. die gemeinsame Entwicklung des für 2021 geplanten Astronomie-Satelliten SVOM), der zivilen nuklearen Kooperation und der wissenschaftlich-technologischen Zusammenarbeit (Élysée 2019).<sup>143</sup>

Chinas Bedeutung für Frankreich als Partner in der Forschungs- und Technologiekoope-ration wurde bereits 2010 in einem Bericht des Ministeriums für Hochschulbildung, Forschung und Innovation (Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Recherche et de l'Innovation/MESRI) hervorgehoben. Der Bericht wies darauf hin, dass China einen schnellen Anstieg des Forschungsoutputs (akademische Beiträge und Patente) erreicht, seine Forschungskapazitäten (Budget, Forschungsinfrastruktur und Humankapital) kontinuierlich ausgeweitet und wissenschaftliche Erkenntnisse als Basis für das Wachstum im 12. Fünfjahresplan (2011–15) definiert habe. Diese Entwicklungen mache China immer wichtiger als Partner in der Forschungskoope-ration, um Antworten auf die großen wissenschaftlichen, sozio-ökonomischen und ökologischen Herausforderungen zu finden.

*«Le renforcement de ses capacités et la qualité de sa production scientifique rendent la Chine de plus en plus attractive en matière de recherche. Elle devient ainsi un partenaire essentiel pour répondre aux grands défis scientifiques, socio-économiques et environnementaux (MESRI 2011)».*<sup>144</sup>

Das Ministerium rief die französischen Wissenschaftler vor diesem Hintergrund dazu auf, sich stärker für China zu interessieren, sich enger abzustimmen und zu kooperieren.

### Themen und Programme

Im o.g. MESRI-Bericht werden die Prioritäten aufgelistet, die auf der Sitzung der gemeinsamen Kommission für die wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit Ende Mai 2011 beschlossen wurden: Nachhaltige Entwicklung, Biodiversität und Wasserwirtschaft; Chemie und grüne Technologien; Energie; Biowissenschaften einschließlich neu auftretender Infektionskrankheiten; IT und intelligente Städte sowie fortgeschrittene Materialien. In den Folgejahren intensivierte sich Frankreichs Forschungskoope-ration mit China. Im Februar 2019 fand die 14. Sitzung der gemeinsamen Kommission für die wissenschaftlich-technologische Zusammenarbeit in Beijing statt.

<sup>142</sup> Erling, Johnny (2018): „Für China ist Macron jetzt der europäische Wunschpartner“, in: Die Welt, 8.1.2018. Erling bezieht sich auf das Buch von E. Macron (2017) Revolution. Wir kämpfen für Frankreich.

<sup>143</sup> Élysée (2019): Plan d' action pour les relations franco-chinoises, 6.11.20, 19 <https://www.elysee.fr/emmanuel-macron/2019/11/06/plan-daction-pour-les-relations-franco-chinoises>

<sup>144</sup> MESRI (2011): Renforcer la coopération scientifique et technologique avec la Chine, in: Stratégie nationale de recherche et d'Innovation.

Zu den Ergebnissen der Sitzung zählte die Festlegung der folgenden sieben thematischen Schwerpunkte für die Jahre 2020–23, die teilweise identisch mit den im Jahr 2011 festlegten Schwerpunkten sind: Umwelt und Klimawandel, Raumfahrt, Gesundheit, Landwirtschaft, Teilchenphysik, fortgeschrittene Materialien und künstliche Intelligenz.

Anlässlich der Kommissionssitzung wurden verschiedene Abkommen für die weitere Zusammenarbeit unterzeichnet, und zwar zwischen dem Centre national de recherche scientifique (CNRS), der größten französischen Forschungsorganisation in der Grundlagenforschung, und der NSFC. Zweitens, eine Vereinbarung zwischen dem Institut national de la recherche agronomique (INRA) und der Universität für Agrarwissenschaften der Provinz Yunnan und drittens, zwischen INRA und der Universität für Agrarwissenschaften von Suzhou (Provinz Zhejiang). Nach der Kommissionssitzung eröffnete die französische Ministerin Frédérique Vidal zusammen mit dem chinesischen Wissenschaftsminister Wang Zhigang ein gemeinsames Laboratorium für die Forschung zum Pflanzenschutz, in dem INRA und die chinesische Akademie der Agrarwissenschaften (CAAS) zusammenarbeiten (MAEE 2019).<sup>145</sup>

Langfristige Forschungsoperationen und Programme bestehen bei den Themen Medizin, Nuklearenergie und Raumfahrt. Mit der Gründung des „Institut Pasteur of Shanghai, Chinese Academy of Sciences“ im Jahr 2004 entstand ein institutioneller Rahmen für die Zusammenarbeit beider Länder in der biomedizinischen Forschung, bei Infektionskrankheiten und traditioneller chinesischer Medizin. Zum Zeitpunkt der Gründung war der französische Partner über einen Generaldirektor (neben einem chinesischen Ko-Direktor) an der Leitung beteiligt; das Forschungsprogramm wurde gemeinsam mit dem Institut Pasteur in Paris festgelegt.<sup>146</sup> Aktuell sind französische Experten noch im Beratungsteam des Instituts vertreten und wirken im Rahmen von gemeinsamen Forschungsaktivitäten mit.

Die Zusammenarbeit zum Thema Raumfahrt begann bereits 1997, als beide Länder eine Vereinbarung über eine Forschungszusammenarbeit zur friedlichen Erschließung des Weltalls unterzeichneten. Aktuell bezieht sich die Kooperation vor allem auf Satellitentechnologie. Über ein MOU im Jahr 2007 begann die Arbeit an dem gemeinsamen China-France Oceanography Satellite (CFOSAT), der 2018 erfolgreich in den Orbit geschickt werden konnte. Der Präsident der französischen Raumfahrt-Agentur Centre National d'Études Spatiales (CNES), Le Gall, sieht die Zusammenarbeit auch vor dem Hintergrund der gemeinsamen Prioritäten beider Länder als sehr wichtig an. Obwohl die Kooperation für alle Beteiligten neu und ungewohnt gewesen war, stelle sie heute eine win-win-Situation dar.<sup>147</sup> Dass Le Gall zusammen mit der französischen Ministerin Vidal an der 14. Sitzung der gemeinsamen W&T-Kommission im Februar 2019 teilnahm, unterstreicht die Bedeutung dieser Zusammenarbeit.

Die Kooperation im Bereich Energie, insbesondere Nukleartechnologie, umfasst sowohl die industrielle Zusammenarbeit beim Bau von Atomkraftwerken als auch die gemeinsame Forschung zum Thema Fusionsenergie. Die Gründung des Sino-French Fusion Energy Centre (SIFFER) im Januar 2018 gilt als Signal einer Intensivierung der Zusammenarbeit. Diese erfolgt zwischen dem Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Sciences (ASIPP) in Hefei, dem China International Nuclear Fusion Energy Program Execution Center (ITER-China) und auf der französischen Seite dem Forschungszentrum für Kernenergie (Commissariat A L'Énergie Atomique Et Aux Énergies Alternatives/CEA). Die Gründung von SIFFER als einem gemeinsamen Forschungszentrum basiert auf einem Rahmenabkommen zwischen MOST und der CEA vom November 2017.<sup>148</sup>

Die Nationale Agentur für Forschungsförderung (Agency national de la recherche/ANR) spielt eine Schlüsselrolle in der Förderung der Kooperation in

<sup>145</sup> MAEE (2019): 14ème session de la commission mixte scientifique et technologique franco-chinoise (14. Sitzung der gemischten deutsch-chinesischen Kommission für Wissenschaft und Technologie), France Diplomatie. Online : <https://www.diplomatie.gouv.fr/fr/politique-etrangere-de-la-france/diplomatie-scientifique-et-universitaire/veille-scientifique-et-technologique/chine/article/14eme-session-de-la-commission-mixte-scientifique-et-technologique-franco>

<sup>146</sup> Institut Pasteur (o. J.): Pressebericht zur Eröffnung des Instituts in Shanghai, 11. Oktober 2004. Online: <https://www.pasteur.fr/en/inauguration-institut-pasteur-shanghai-chinese-academy-sciences>

<sup>147</sup> Wang, Minjier (2019): Sino-franco space projects put nations on right trajectory, in: China Daily Global, Paris. Online: <https://www.chinadaily.com.cn/a/201903/26/WS5c9a153fa3104842260b2b12.html>

<sup>148</sup> [http://english.ipp.cas.cn/sywxw/201801/t20180118\\_189401.html](http://english.ipp.cas.cn/sywxw/201801/t20180118_189401.html)

der Grundlagenwissenschaft. Im Januar 2008 wurde zwischen der ANR und dem NFSC eine Vereinbarung über eine jährliche gemeinsame Ausschreibung getroffen. Im Folgejahr 2009 unterzeichneten ANR und das MOST ein MOU über die Förderung grüner Technologie mit Schwerpunkt Wasser. Auch zu diesem Thema soll es jährlich eine gemeinsame Ausschreibung geben (Delegation of the European Union to China 2012).

### Unterstützende Strukturen

Aufgrund ihrer langfristigen Zusammenarbeit mit der CAS hat die CNRS eine herausragende Funktion in vielen Programmen und Kooperationsformaten. Nach Angaben von Antoine Petit, Direktor des CNRS, gehen jährlich mehr als 1.500 französische Wissenschaftler nach China; gleichzeitig wären rund 1.400 chinesische Doktoranden in französischen Laboren tätig. Mit einer Beteiligung an rund hundert Kooperationsprojekten ist CNRS eng mit der chinesischen Wissenschaftslandschaft verbunden. (Petit 2019)<sup>149</sup>

Die französische Botschaft in Beijing hat mit ihren vielfältigen Programmen und Initiativen eine wichtige Funktion in der Anbahnung und Förderung von Forschungs- und Innovationkooperationen. Sie ist auch zuständig für die Vergabe von Stipendien für Masterstudiengänge in Frankreich an chinesische Studenten sowie kurzfristige Forschungsstipendien (1–3 Monate) an chinesische Wissenschaftler. Mit dem Aurore Programm bietet die Botschaft eine Plattform für den Austausch zwischen französischen und chinesischen Wissenschaftlern.

Zu den Programmen, die von der Botschaft betreut werden, zählt auch das Programm COOPOL Innovation. Dieses wurde 2008 vom Service of Science and Technology (SST) etabliert und basiert auf einer Vereinbarung zwischen den französischen Wettbewerbsclustern und den chinesischen Wissenschaftsparks aus dem Jahr 2007. Mithilfe des Programms soll die Zusammenarbeit zwischen den französischen innovativen KMUs des Clusters sowie ihren Forschungspartnern mit chinesischen Counterparts erleichtert werden. Das Programm finanziert eine einwöchige Studienreise für zwei Personen, um potenzielle chine-

sische Partnern zu treffen. Weiterhin bietet das Programm an, ein daraus entstehendes gemeinsames FuE-Projekt finanziell zu unterstützen (Delegation of the European Union to China 2012). Im Mai 2019 wurde das COOPOL-Programm erweitert. Neben den o.g. Aktivitäten erhalten die französischen Akteure Hintergrundinformationen über China in Bezug auf Cybersicherheit und Schutz geistigen Eigentums. Im Rahmen des COOPOL\* fand vom 13.–18.5.2019 eine Fact Finding Mission nach Shanghai und Beijing zum Thema Energie und ökologische Transformation statt (MAEE 2019).<sup>150</sup>

Daneben gibt es drei verschiedene Programme, die die Zusammenarbeit zwischen Frankreich und China im Kontext von Forschungslaboratorien fördern: Das FTI-Lab sowie das Zhang Heng und das Xu Guangqi Programm. Das FTI-Lab Programm zielt auf die Identifizierung und Begleitung chinesischer Wissenschaftstalente über öffentliche oder private Forschungsnetzwerke. Junge chinesische Wissenschaftler können über das Programm die Förderung eines Kurzaufenthaltes in einem französischen Laboratorium erhalten. In die andere geographische Richtung zielt das Zhang Heng-Programm, das Kurzaufenthalte junger französischer Wissenschaftlicher in chinesischen Laboren fördert. Das Xu Guangqi-Programm unterstützt die Zusammenarbeit zwischen chinesischen und französischen Wissenschaftlern, die in den Laboren der jeweiligen Gastländer arbeiten. Das Programm läuft über einen Förderzeitraum von einem Jahr und steht allen Disziplinen offen. Die Zahl der gemeinsamen Laboren belief sich im Jahr 2011 auf 37. Sie waren überwiegend in den Themenfeldern Lebenswissenschaften (10), Chemie (7), Physik (4) und IT (4) zu finden; vier dieser Laboren gehörten zu Universitäten (in Chengdu, Guangzhou und zwei in Beijing) (Delegation of the European Union to China 2012).

### Dänemark

#### Bedeutung Chinas als WTI-Kooperationspartner

Vor dem Hintergrund der steigenden Bedeutung Chinas in den Bereichen Wissenschaft, Technologie und Innovation nahm das Interesse Dänemarks an einer engeren Zusammenarbeit mit dem Land zu. Das Verständnis über die eigene Position Dänemarks und die

<sup>149</sup> Petit, Antoine (2019): La Chine et le CNRS, une histoire d'excellence. <https://cnrsbeijing.cnrs.fr/antoine-petit-la-chine-et-le-cnrs-une-histoire-dexcellence/>

<sup>150</sup> MAEE (2019): Programm COOPOL\* mai 2019: Energie et Transition Écologique, 27. Mai.

neue Rolle Chinas spiegelt sich in den folgenden Aussagen des Ministry of Higher Education and Science (MHES)<sup>151</sup> wider:

*“The global centre for knowledge is moving – and it is heading for China. If Denmark is to maintain its competitive position in the global market of knowledge, a strengthened collaboration on knowledge must have the highest priority.”<sup>152</sup>*

Aus Sicht des MHES ist China in der letzten Dekade mit hohen Investitionen in Forschung und Innovation und einer steigenden Anzahl von sehr guten Universitäten zu einem der wichtigsten Spieler in der Welt der Wissenschaften aufgestiegen. Als Folge, so das Ministerium, ist China “currently creating the foundation for a fundamental change in global knowledge circuit”.<sup>153</sup>

Um die bilateralen Beziehungen zu stärken, beschlossen Dänemark und China eine „comprehensive strategic partnership“ im Oktober 2008, die die zentralen Bereiche der Zusammenarbeit erfasste. Dazu zählten die Kooperation beim Klimaschutz, Fragen der Energieentwicklung, Forschung und Innovation sowie Bildung. Das große Interesse der chinesischen Seite an einer Zusammenarbeit mit Dänemark bei Windenergie und anderen erneuerbaren Energien wurde explizit in die Vereinbarung mit aufgenommen.<sup>154</sup>

Die dänische Strategie (oft „Chinastrategie“ genannt) einer engeren FuE-Zusammenarbeit mit China legte das MSTI (Vorgängerministerium des MHES) ebenfalls 2008 unter dem Titel „Knowledge-based Collaboration between Denmark and China“ vor. Als Vision sah das MSTI eine zukünftig enge Wissenspartnerschaft mit China. Neben der Teilhabe an der WTI-Entwicklung Chinas sollte die Strategie dazu beitragen, die Aktivitäten dänischer Unternehmen in China zu fördern. In den Prinzipien für die Implementation der Strategie

wies MSTI nicht nur auf Aspekte wie Reziprozität oder die Berücksichtigung von geistigen Eigentumsrechten hin. Ohne Verankerung der Kooperationsansätze im politischen System, so warnte MSTI, könnten die dänischen Bemühungen scheitern.<sup>155</sup>

Um die Vorteile der umfassenden strategischen Partnerschaft aufzuzeigen, veröffentlichte die dänische Regierung 2008 eine umfangreiche Dokumentation mit dem Titel „Denmark – China. A Mutually Beneficial Partnership“. Für Dänemark, so die Dokumentation, sei die Beteiligung am Aufstieg Chinas zu einer führenden wissensbasierten Wirtschaftsmacht sehr wichtig. Dänemark müsse sich deshalb aktiv und mit weitblickenden Initiativen in die Bereiche Bildung, Forschung und Innovation einbringen.<sup>156</sup>

Ein konkreter Schritt für eine formale WTI-Zusammenarbeit zwischen Dänemark und China war bereits im September 2007 mit dem MOU zwischen dem dänischen (MSTI) und dem chinesischen MOST unternommen worden. In demselben Jahr fand die Eröffnung des *Innovation Center Denmark* in Shanghai durch das Außenministerium und das MSTI statt. Mit Unterstützung des Innovationszentrums wurde im Mai 2009 zwischen der Danish Agency for Science, Technology and Innovation, MSTI, und der Innovation and Technology Commission of the Government of Hong Kong Special Administrative Region eine wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit vereinbart.<sup>157</sup>

In den Folgejahren wurden verschiedene sektorspezifische Kooperationen über die Zusammenarbeit im Energiesektor, Klimaschutz und bei wichtigen Forschungsbereichen wie Krebsforschung und Nanotechnologien (siehe unten) eingegangen. Im Vergleich zu den übrigen Ländern in der Region (Finnland, Island, Norwegen und Schweden) wies Dänemark 2019 mit 58 MOUs die meisten auf Regierungsebene mit China abgeschlossenen Vereinbarungen auf.

**151** Im Jahr 2014 wurde das Ministerium für Hochschulbildung und Forschung gegründet als Nachfolgeministerium des Ministry of Science Technology and Innovation (MSTI).

**152** Ministry of Higher Education and Science (o. J.): Denmark – China. Online: <https://ufm.dk/en/research-and-innovation>. Last modified Jul 17, 2019.

**153** Ebenda.

**154** Joint Statement between the Government of the People’s Republic of China and the Government of the Kingdom of Denmark on the Establishment of a Comprehensive Strategic Partnership. Online: [http://www.china.org.cn/government/news/2008-10/25/content\\_16664479.htm](http://www.china.org.cn/government/news/2008-10/25/content_16664479.htm)

**155** MSTI (2008): Knowledge-based Collaboration between Denmark and China. <https://ufm.dk/en/publications/2008/strategy-for-knowledge-based-collaboration-between-denmark-and-china-2013-summary>

**156** Ministry of Foreign Affairs of Denmark (2008): Denmark – China. A Mutually Beneficial Partnership.

**157** Memorandum of Understanding (Dänemark und Hong Kong (China)) 2009.

Auch bei der Anzahl der jährlichen hochrangigen Staatsbesuche (8–9) in China sowie beim Botschaftspersonal in Beijing von 67 Personen (davon 35 Diplomaten und Attachés) lag Dänemark im Vergleich zu den anderen nordischen Ländern vorn.<sup>158</sup> Obwohl das Land also eine sehr ambitionierte Politik gegenüber China verfolgt, hat sich Dänemark in den letzten Jahren jedoch auch in der „Nordic-China Cooperation“ engagiert. Aus Sicht von Ostergaard (2019) bringt der regionale Ansatz Vorteile: „China’s size also means that it makes sense for the Nordic countries to pool their efforts, for instance in public diplomacy, in order to gain sufficient visibility and impact“.<sup>159</sup> Allerdings wird die Zusammenarbeit mit den nordischen Ländern (5+1-cooperation) nur als Ergänzung zu den starken bilateralen und den EU-China-Beziehungen verstanden.<sup>160</sup>

Die vom Nordic Council of Ministers (NCM) in Auftrag gegebene Studie kommt zu dem Schluss, dass zwar seit Mitte der 1990er Jahre das Nordic Center an der Fudan Universität in Shanghai als Plattform für Forschungs- und Bildungsaktivitäten bereitstand, die Forschungsnetzwerke nach wie vor jedoch überwiegend auf der Basis nationaler Kooperationen einzelner nordischer Länder mit China entstanden. Zu den Empfehlungen des Berichts zählt deshalb u. a., die 2005 gegründete Organisation der Forschungsförderung Nord Forsk, die dem NCM untersteht, für gemeinsame Ausschreibungen von Forschungsprojekten der fünf nordischen Länder mit China einzusetzen.<sup>161</sup>

Dass die bilaterale Kooperation mit China weiterhin als wichtig eingeschätzt wird, spiegelt sich in einem Interview des Ministerpräsidenten Rasmussen mit der chinesischen Nachrichtenagentur Xinhua im Januar 2018 wider. Mit dem „China-Denmark Joint Work Programm 2017–20 – Upgrading the Comprehensive Strategic Partnership to a higher level“ (Details dazu im nächsten Abschnitt) werde Dänemark – Rasmussen zufolge – zu einem der EU-Mit-

gliedsländer mit den engsten Beziehungen zu China aufsteigen.<sup>162</sup>

Der Blick Dänemarks auf China veränderte sich vor dem Hintergrund des zunehmenden ökonomischen und geopolitischen Einflusses in den letzten Jahren. Als „systemischer Rivale“ im Kontext von Global Governance-Fragen und vor allem aufgrund der Aktivitäten Chinas in Grönland und der Arktis forderten kritische Stimmen Ende 2019, die eigenen Interessen gegenüber China stärker zu schützen. Dies müsse Dänemark vor allem mit Hilfe der EU, NATO oder anderer multilateralen Organisationen erreichen.<sup>163</sup>

### Themen und Programme

Als Schwerpunkte der Forschungsk Kooperation wurden im MOU von 2007 zwischen beiden Ländern folgende Themenfelder vereinbart: Biotechnologie und Biomedizin, Agar- und Nahrungsmitteltechnologien, saubere und erneuerbare Energien, Nanowissenschaft und –technologie, Gesundheit und Anwendung traditioneller chinesischer Medizin sowie IKT. Für die Abstimmung der gemeinsamen WTI-Aktivitäten ist das Joint Coordinating Committee (JCC) zuständig. Auf der Basis des o. g. MOU und der Ausweitung der strategischen Partnerschaftsvereinbarung von 2008 wurde anlässlich des Staatsbesuchs von Ministerpräsident Rasmussen in China im Mai 2017 ein neues gemeinsames Arbeitsprogramm vorgestellt (China-Denmark, Joint Work Programme 2017–20).<sup>164</sup> Ein wichtiges Thema in diesem Arbeitsprogramm war die gemeinsame Ausschreibung im Themenfeld erneuerbare Energien und Vorschläge zu weiteren gemeinsamen Ausschreibungen für den Zeitraum 2017–20.

Der Energiesektor zählt zu den zentralen bilateralen Kooperationsfeldern. Im Rahmen einer „green government-to-government cooperation“ schloss die dänische Regierung verschiedene Abkommen über die Zusammenarbeit in den Bereichen erneuerbare Energien und Energieeffizienz mit dem NDRC, dem

**158** Forsby, Andreas B. (2019) (Ed.): Nordic-China Cooperation: Challenges and Opportunities. Nordic Institute of Asian Studies. NIAS Reports No. 52. Online: <https://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1378967/FULLTEXT03.pdf>

**159** Ostergaard, Clemens Stubbe, „A Danish perspective“, in: Forsby (2019), a.a.O., S. 75–79; hier S. 77.

**160** Ebenda, S. 76.

**161** Forsby, a.a.O. S. 114 und S. 121.

**162** Xinhua News Agency (2019): Interview: Denmark-China cooperation enjoys broad prospects. Danish PM. Online: [http://xinhua-net.com/english/2018-01-22/C\\_136915778.htm](http://xinhua-net.com/english/2018-01-22/C_136915778.htm)

**163** Patey, Luka (2019): Denmark’s China Challenge. Rethinking Denmark’s relationship with Beijing. DIIS Policy Brief, October. Danish Institute for International Studies. [www.diis.dk](http://www.diis.dk)

**164** China-Denmark Joint Work Programme (2017–20). Online: [https://www.thinkchina.ku.dk/documents/China-Denmark\\_Joint\\_Work\\_Program\\_\\_2017-2020\\_\\_English.pdf](https://www.thinkchina.ku.dk/documents/China-Denmark_Joint_Work_Program__2017-2020__English.pdf)

National Energy Conservation Center (NECC) und der National Energy Administration (NEA) ab. Basierend auf der langjährigen Zusammenarbeit fokussiert das Danish Energy Agency Partnership Program (2017–20) auf dem stärkeren Einsatz von Modellen und Forschungsmethodologien. Auch die Unterzeichnung eines MOUs zwischen der China Development Research Foundation (CDRF) und der „State of Green“ im Juni 2017 soll die Zusammenarbeit bei der Nutzung sauberer Energien vertiefen. Die „State of Green“ ist eine dänische non-profit public-private-partnership Plattform mit rund 600 Teilnehmern (darunter Regierungs- und Forschungsinstitutionen sowie Experten und Unternehmen) mit Zielen wie globale Nachhaltigkeit und niedrige CO<sub>2</sub>-Werte.

Um die Kooperation zwischen der Danish National Research Foundation (DNRF) und der NSFC zu fördern, wurde ebenfalls im Jahr 2008 ein MOU unterzeichnet. Als Felder für gemeinsame Ausschreibungen wurden, angelehnt an die Prioritätsbereiche der bilateralen Zusammenarbeit, Lebenswissenschaften, Naturwissenschaften und Ingenieurwissenschaften festgelegt. Aktuell läuft seit April 2020 eine Ausschreibung unter dem Titel „Sustainable City Solutions“ mit gemeinsamer Finanzierung durch das chinesische MOST und den Innovation Fund Denmark. Zu den Forschungsthemen und Innovationsfeldern der Ausschreibung zählen einerseits Energie und Speicherung, Biomasse, Speicherung und Netzflexibilität sowie andererseits Smart Cities und Transport, Daten, KI und IoT, Smart Buildings, Autonomes Fahren und E-Fahrzeuge. Für die geplanten vier bis fünf Projekte stellen der Innovation Fund Denmark 15 Mio. DKK (rd. 2 Mio. Euro) und das MOST 20 Mio. RMB (rd. 2,6 Mio. Euro) als Finanzmittel zur Verfügung.<sup>165</sup>

Im Rahmen dieser Kooperation zwischen DNRF und NSFC wurden insgesamt zehn gemeinsame Forschungszentren gegründet, die auf vier Themenbereiche fokussieren: Zwei Zentren für Krebsforschung

wurden 2008 und 2009, drei Zentren für Nanoforschung im Jahre 2009, zwei Zentren für erneuerbare Energien im Jahr 2010 und drei Zentren für die IKT-Kooperation im Jahr 2011 gegründet.<sup>166</sup>

### Unterstützende Strukturen

Das Innovation Center Denmark in Shanghai erfüllt verschiedene Aufgaben in den Bereichen WTI. Einerseits sollen durch die Aktivitäten des Zentrums die Innovationskompetenzen der dänischen Forschungs- und Businesscommunity unterstützt werden, auch dadurch, dass wissensintensive Investitionen nach Dänemark gebracht werden. Andererseits sollen über das Zentrum potenzielle Partner und technische Lösungen vermittelt werden, und es soll ein Mapping der Bedürfnisse dänischer Kunden im lokalen Markt erfolgen. Darüber hinaus soll das Zentrum dänischen Wissenschaftlern bei der Etablierung von Kontakten zu wichtigen Forschungsnetzen helfen (Ministry of Foreign Affairs to Denmark 2008, 17–18).<sup>167</sup>

Um die Vernetzung und wissenschaftliche Zusammenarbeit dänischer und chinesischer Wissenschaftler zu fördern, vergibt das MSTI (später das MHES) Beihilfen. Diese können sowohl für gemeinsame Professuren oder Workshops vergeben werden.

Auch das Sino-Danish Center for Education and Research (SDC) trägt zur Initiierung gemeinsamer Forschungs- und Innovationsaktivitäten bei. Das Partnerschaftsprojekt wurde 2010 gegründet und basiert auf der Zusammenarbeit von acht dänischen Universitäten mit der University of the Chinese Academy of Sciences (UCAS). Das SDC bietet Master- und Doktorandenprogramme an und fokussiert seine Forschungsaktivitäten auf sechs Gebiete: Wasser und Umwelt, nachhaltige Energie, Nanowissenschaften und -technologie, Lebenswissenschaften, Sozialwissenschaften sowie Nahrungsmittel und Gesundheit.<sup>168</sup> Mit dem Zusammenschluss der acht dänischen Universitäten zum SDC konnte das Ziel

<sup>165</sup> Innovationsfonden: Pre-Announcement: Bilateral collaboration between Ministry of Science and Technology of China and Innovation Fund Denmark under the theme “Sustainable City Solutions”. <https://innovationsfonden.dk/da/programmer/international-collaborations/pre-announcement-bilateral-collaboration-between-ministry>

<sup>166</sup> DNRF (o. J.); Danish-Chinese research centers. Online: <https://dg.dk/en/previous-instruments-danish-chinese-research-centers/#section-3>

<sup>167</sup> Ministry of Foreign Affairs of Denmark (2008): Denmark – China. A Mutually Beneficial Partnership.

<sup>168</sup> SDC (o. J.): Sino-Danish Center for Education and Research. <https://www.dtu.dk/english/collaboration/international-collaboration/alliances-and-strategic-partnerships/sdc> Partnership Agreement der SDC (2019) <https://sdc.university/files/Downloads/Background-documents/partnership-agreement-between-gucas-and-the-eight-danish-universities.pdf>; SDC (2019): Annual Report 2019. Online <https://sdc.university/files/Downloads/News/annual-report/annual-report-2019-web.pdf>

erreicht werden, eine kritische Masse zusammenzubringen, um Dänemarks Hochschulen in China bekannt zu machen.

Ein weiterer institutioneller Rahmen für Kontakte zwischen Wissenschafts- und Industrievertretern und

zur Förderung von Bildungs- und Forschungsaktivitäten bietet das im September 2017 auf dem Campus der UCAS in Beijing gegründete House of the Danish Industry Foundation. Die Industrievereinigung Dänemarks stellte dafür rd. 100 Million DKK (rd. 13,4 Mio. Euro) bereit.<sup>169</sup>

## Zusammenfassung und Schlussfolgerungen (Kooperation EU-China)

### Übergreifende Erkenntnisse

- **Absolut sowie relativ betrachtet hat sich China im wissenschaftlichen Bereich merklich gegenüber der Europäischen Union und den USA geöffnet** (Anteil der Kooperationen an allen Veröffentlichungen ist um mehr als die Hälfte gestiegen).
- **Im europäischen Kontext hat Deutschland eine bedeutsame Rolle** und ist dadurch nach Großbritannien, aber noch vor Frankreich ein zentraler Ansprechpartner für wissenschaftlich aufstrebende asiatische Länder wie China.
- Mit dem globalen wirtschaftlichen Aufstieg Chinas verändert sich die Bedeutung des Landes als Kooperationspartner der Europäischen Union. **Der Umfang der Zusammenarbeit in Wissenschaft, Technologie und Innovation spiegelt die Rolle Chinas als neuer selbstbewusster Wissenschaftsakteur jedoch noch keineswegs wider.**
- **Deutschland konnte seine Mitwirkung an chinesischen Publikationen seit 2005 um ca. die Hälfte erhöhen, während Großbritannien seine verdoppelte.** Möglicherweise gibt es hier noch ungenutzte Potenziale.
- **Aus technologischer Perspektive haben sich die Kooperationen zwischen China und Europa zwar absolut verstärkt, relativ betrachtet aber deutlich an Bedeutung verloren. Während seine wissenschaftliche Vernetzung global zunimmt, hat China (wie auch andere asiatische Länder) eine technologische Unabhängigkeit entwickelt.**
- **Die relative Bedeutung technologischer Kooperationen zwischen China und Deutschland ist während der Wirtschafts- und Finanzkrise deutlicher zurückgegangen** als jene Chinas mit anderen Ländern (vgl. Abbildung 15).
- **Nach einer längeren Phase der Stagnation ab 2011 sind die europäischen wissenschaftlichen Kooperationen mit China seit ca. 2015 wieder deutlich angestiegen**, ein wichtiger Teil davon entfällt auf Deutschland.
- **Die wissenschaftlichen Profile Chinas und der Europäischen Union sind überwiegend komplementär.** Dies bietet Ansatzpunkte für interdisziplinäre Kooperationen.
- **Zudem bestehen absolut betrachtet zahlreiche gemeinsame Aktivitätsschwerpunkte gemessen an Europäisch-Chinesischen Ko-Publikationen** u. a. im Bereich der Elektrotechnik, der Informatik, Teilen der Chemie, der Pharmazie, der Biotechnologie, der Materialforschung, dem Maschinenbau sowie in Physik und Medizin.
- **Auch die Patentspezialisierungen Europas und Chinas sind, durch Chinas starke Fokussierung auf den Bereich Mikroelektronik und Kommunikation, komplementär.** Dies bietet Ansatzpunkte für Kooperationen in verschiedenen Anwendungsbereichen der digitalen Revolution.
- **Zudem erreicht China in Bereichen wie Elektromaschinen, Steuer- und Regeltechnik, Feinchemie, Biotechnologie, Pharmazie sowie Thermische Prozesse ein absolutes Patentaufkommen von mindestens 50% des EU-Werts. Auch jenseits der allgemein bekannten Spezialisierungen liegen somit erhebliche Kooperationspotenziale.**

<sup>169</sup> Ministry of Higher Education and Science. Website: <https://ufm.dk/en/newsroom/press-releases/press-releases-2017/new-opportunities-within-education-research-and-industry-in-china>

### Länderspezifische Erkenntnisse

- Dass **Großbritannien** wichtigster europäischer Partner Chinas bei Ko-Publikationen ist, kann auch auf die enge Verbindung zur chinesischen Wissenschaftscommunity über ihre Studien- und Forschungsaufenthalte in Großbritannien sowie die große Präsenz britischer Universitäten in China zurückgeführt werden. Stärker als andere Länder hat sich die britische Regierung in ihrer WTI-Politik frühzeitig den Herausforderungen des globalen Wettbewerbs gestellt. Dieses Verständnis bestimmt ebenfalls, welche Chancen und Risiken in der Kooperation mit China gesehen werden. Durch den „Brexit“ gewinnt China als WTI-Kooperationspartner für Großbritannien an Bedeutung. Mit der „UK-China Joint Strategy for Science, Technology and Innovation Cooperation“ von 2017 streben beide Seiten eine vertiefte Kooperation in allen Bereichen an.
- Schwerpunkte der Forschungsk Kooperation mit China betreffen die Lebenswissenschaften, die Physik und die Klimaforschung. Gemeinsame Technologieentwicklung ist in den Bereichen Energie und Umwelt, Landwirtschaft, Medizin und Mobilität geplant.
- Großbritannien verfügt über eine sehr gut entwickelte institutionelle Struktur zur Initiierung und Begleitung von Forschungs- und Innovationsprojekten, insbesondere durch das UK Science and Innovation Network (SIN), die Sektordialoge, gemeinsame Laboratorien und Forschungszentren.
- Für **Frankreich** spielt vor allem die Zusammenarbeit chinesischer und französischer Wissenschaftler in gemeinsam betriebenen Laboratorien und Forschungszentren eine herausragende Rolle. Staatspräsident Macron leitete eine proaktive WTI-Politik gegenüber China ein. Gleichzeitig plädiert er für eine stärkere Vernetzung und Abstimmung der Politik der EU-Mitgliedsstaaten gegenüber China.
- Der Fokus der Kooperation liegt auf folgenden Themen: Energie (vor allem Nuklearenergie), Raumfahrt (Satellitentechnologie), Medizin, grüne Biotechnologie und intelligente Städte; für den Zeitraum 2020–23 sind die Themen künstliche Intelligenz und neue Materialien dazu gekommen.
- Kooperationsaktivitäten des französischen Forschungsministeriums (MESRI) werden ergänzt durch eine sehr aktive Unterstützung durch Programme und Initiativen der französischen Botschaft bzw. des Außenministeriums (MAEE).
- Aus Sicht der Politik in **Dänemark** bietet die WTI-Kooperation mit China langfristig große Chancen; die Regierung bemüht sich, dies auch innenpolitisch zu vermitteln.
- Thematische Schwerpunkte der Kooperation sind Biomedizin, Agrar- und Nahrungsmitteltechnologien sowie erneuerbare Energien. Die Zusammenarbeit im Bereich Windenergie ist besonders intensiv.
- Mit der Gründung des Innovation Center Denmark in Shanghai hat Dänemark eine wichtige Struktur aufgebaut, die potenzielle Partner für Innovations- und Forschungsaktivitäten zusammenbringt. Das Sino-Danish Center for Education and Research trägt mit den Master- und Doktorandenprogrammen zur inhaltlichen und personellen Unterfütterung der o.g. Kooperationsthemen bei.

### Schlussfolgerungen für Politik und Wissenschaft

- Die **relativen Spezialisierungen der Europäischen Union und Chinas bleiben in Wissenschaft und Technologie komplementär**, jedoch bestehen in immer mehr Feldern vergleichbare, auch konkurrierende Kapazitäten. **Die sich hieraus ergebenden Kooperationsmöglichkeiten sollten bewusst und gezielt zum beidseitigen Mehrwert genutzt werden.**
- Zukünftige Forschungsk Kooperationen der Europäischen Union mit China sollten **stärker noch als bisher an dem Kriterium der wissenschaftlichen Exzellenz der chinesischen Forschungspartner orientiert sein**, damit beide Seiten auf hohem Niveau von wechselseitigen Lerneffekten profitieren können.
- Die **relative Bedeutung der technologischen Kooperation mit Europa hat für China merklich abgenommen. China selbst hat aufgrund seiner gestiegenen technologischen Autonomie weniger Anlass, sie in gleicher Weise zu suchen, wie noch vor zehn Jahren.** Chinas technologische Kooperationsneigung nähert sich damit zunehmend der anderer großer APRA-Länder an.

- **Aus Sicht Europas und Deutschlands bestehen aufgrund der wachsenden technologischen Kompetenzen Chinas gleichzeitig immer mehr erfolgversprechende Ansatzpunkte für technologische Kooperationen „auf Augenhöhe“.**
- In den WTI-Beziehungen europäischer Länder mit China spielen nationale Spezifika eine Schlüsselrolle. Grundsätzlich wird jedes Land diese Beziehungen an den jeweiligen Schwerpunkten seines WTI-Systems ausrichten. Gerade aufgrund dieser Vielfalt kann sich Deutschland im Bereich jener Strukturen, die zur Initiierung und Nachhaltigkeit von WTI-Kooperationen beitragen, von europäischen Partnern inspirieren lassen.
- **Auf europäischer Ebene sollten Erfahrungen europäischer Wissenschaftler und Entwickler in der Kooperation mit China ausgewertet und Beispiele für „best practice“ entwickelt werden.** Diese Analyse sollte insbesondere Aspekte des IPR-Schutzes sowie Fragen zu Dual Use und Cybersicherheit bei Forschungsk Kooperationen umfassen.
- **Im Wettbewerb um die „besten Köpfe“ sollte das neue Forschungsrahmenprogramm Horizon Europe stärker für Talente aus China offen sein** und gleichzeitig noch mehr die Mobilität europäischer Wissenschaftler befördern, die in China forschen wollen.
- Um exzellente Universitätsabsolventinnen chinesischer Nationalität in der Europäischen Union zu halten, sollte **eine Verlängerung der Aufenthalte nach dem Studium für mehrere Jahre angeboten werden. Einen vergleichbaren Schritt in diese Richtung unternimmt Großbritannien seit 2019 mit dem „2-year post-study work visa“.**
- **Um andersherum die Mobilität von Europa nach China zu fördern, könnte ein Unterrichtsangebot der chinesischen Sprache in der Sekundarstufe nach französischem Vorbild ein Ansatzpunkt sein, welcher frühzeitig ein Interesse für China weckt.** Im Rahmen einer gemeinsamen Initiative von BMBF, Auswärtigem Amt und Kultusministerkonferenz zur Stärkung der China-Kompetenz (Sprach- und Landeskenntnisse, China-Aufenthalte etc.) in allen Bildungsbereichen in Deutschland wird bereits an der Umsetzung und Weiterwicklung diverser Maßnahmen und Förderangebote gearbeitet, die auch in diese Richtungen zielen.
- Programme, wie sie in Dänemark und Großbritannien existieren, können im Hinblick auf die Steigerung der Zahl der Studierenden mit China-Erfahrungen Vorbildcharakter haben. **Es erscheint sinnvoll, mehr niedrigschwellige Einstiegsangebote zu schaffen, die im Idealfall bereits in den Studienablauf integriert sind (z. B. Einbetten von Aufenthalten in bestehende Studienprogramme).** Dabei können auch vor- oder nachgeschaltete digitale Komponenten als Erweiterung und Verstärkung des Austauschs dienen.
- **Für Praktika in China sind angesichts der komplexen Antragsprozesse Informations- und Beratungsangebote, die Studierende unterstützen und motivieren, von besonderer Bedeutung.**

# Themenkapitel

## Themenkapitel 1: Lebenswissenschaften

---

Die Lebenswissenschaften oder Life Sciences befassen sich mit Prozessen oder Strukturen von Lebewesen oder solchen, an denen Lebewesen beteiligt sind. Außer der Biologie zählen hierzu im Kern die Biomedizin, die Pharmazie, die Biochemie, die Molekularbiologie, die Biophysik, die Bioinformatik, die Humanbiologie, aber auch Teile der Agrar-, Ernährungs- und Lebensmittelforschung. Des Weiteren zählen zu ihnen im Grundsatz die medizinische Forschung, Forschung im Bereich der Medizintechnik sowie Teile der organischen Chemie. In empirischen Studien werden dabei allerdings gerade die letztgenannten Bereiche aus pragmatischen Gründen häufig vom Kern der Lebenswissenschaften getrennt betrachtet, da sie anderenfalls das Gesamtbild in ungeeigneter Weise dominieren. Das Methodenspektrum der Lebenswissenschaften umfasst neben einer breiten Abdeckung naturwissenschaftlicher Ansätze auch Aspekte der Sozial- und Geisteswissenschaften.

In wissenschaftlichen und politikberatenden Studien bedient man sich des Begriffs der Lebenswissenschaften oder Life Sciences meist vor allem deswegen, um diese vom etablierten, deutlich enger gefassten Begriff der Biotechnologie und Pharmazie abzugrenzen. Dieser deckt einerseits nur einen Teilbereich der o.g. Fragestellungen ab, reicht andererseits über den Zweig der industriellen Biotechnologie in Bereiche hinein, die biologische Prozesse v. a. als Mittel zum Zweck betrachten, und damit nicht im Zentrum des oben definierten Bereichs der Life Sciences stehen. Im Grunde wird mit dieser begrifflichen Differenzierung nicht zuletzt ein Perspektivwechsel vom technologischen Einsatz biogener Prozesse hin zur Erfassung ihrer potenziellen Relevanz in größeren, systemischen Zusammenhängen dargestellt.

Das folgende Kapitel beginnt mit einer übergreifenden Darstellung der Entwicklung der wissenschaftlichen und technologischen Aktivitäten im Bereich Lebenswissenschaften der letzten zehn Jahre und ordnet auf diese Weise die Leistungsfähigkeit der APRA-Länder in den globalen Zusammenhang ein. Es folgen Auswertungen zu den Teilbereichen medizinische Biotechnologie und Biomaterialien sowie zu akademischen Kooperationen im Bereich Lebenswissenschaften insgesamt. Das letzte Unterkapitel schließlich gibt einen detaillierten Einblick in die forschungs- und innovationspolitische Schwerpunktsetzung ausgewählter APRA-Länder im hier gegenständlichen Themenfeld.

Weltweit ist die Zahl der wissenschaftlichen Publikationen im Bereich Lebenswissenschaften seit dem Jahr 2006 um über 60% angestiegen. Wie in allen Wissenschaftsbereichen verzeichnet auch in diesem Feld China den bemerkenswertesten Anstieg an Publikationen. Mit deutlich mehr als einer Vervielfachung ( $\times 4,57$ ) liegt dieser zudem deutlich über der im feldübergreifenden Mittel üblichen Verdreifachung des Outputs ( $\times 2,97$ ). Auch Korea konnte seinen Publikationsoutput auf mehr als das Doppelte steigern ( $\times 2,57$ ) und die ASEAN-Staaten auf das Vierfache. ( $\times 4,01$ ). Japans Output blieb demgegenüber lediglich stabil ( $\times 1,01$ )

und auch in der Europäischen Union ( $\times 1,37$ ) sowie den USA ( $\times 1,28$ ) kam es nur zu vergleichsweise leichten Steigerungen. Während die Steigerungen in Korea und dem ASEAN-Raum für das globale Gesamtgefüge eher unerheblich bleiben, wird es durch den Aufstieg Chinas merklich verändert. Lag dessen Beitrag zu allen Publikationen weltweit 2006 noch bei 7,6%, ungefähr auf Höhe dessen von Deutschland und Großbritannien, liegt er mit 21,5% nun nicht mehr weit unter dem der USA 25,8% bzw. der Europäischen Union ohne Großbritannien (26,1%). Deutschland liegt auf Platz vier der Einzelstaaten, mit einem auf 6,5% gesunkenen Anteil an

allen weltweiten Publikationen (2006: 7,6%). Obwohl die einzelnen ASEAN-Staaten deutlich kleinere Publikationsanzahlen vorweisen, ist dort über die Jahre hinweg auch in den Lebenswissenschaften ein deutliches Wachstum zu beobachten. Das gilt 2012 sowie 2018 für Malaysia, zugleich weist speziell Indonesien im Jahr 2018 ein starkes Publikationswachstum auf.

Die Betrachtung der Bedeutung wissenschaftlicher Aktivitäten relativ zur Bevölkerungszahl unterstreicht die hohe Relevanz des Themas in (ökonomisch) kleineren APRA-Ländern wie Australien, Singapur, Kanada und Neuseeland, in denen höhere Publikationsintensitäten erreicht werden als z.B. in Deutschland, Großbritannien oder den USA. Durch diese Art der Betrachtung werden die Größenunterschiede zwischen den Ländern relativiert, wodurch ein anderes Bild entsteht. Als ebenfalls kleines Land hingegen führt Dänemark das Feld an. Auch der Anteil internationaler Ko-Publikationen ist, wie üblicherweise in kleineren Ländern, höher. Auffällig sind hier allenfalls die trotz gewisser Größe herausgehobene Position Großbritanniens sowie die relativ geringen Kooperationsaktivitäten in Taiwan und Indonesien. Hinsichtlich der Zitaten liegen hier nach wie vor etablierte Wissenschaftsnationen wie Frankreich, die USA, Großbritannien sowie Singapur vorn. Deutschland belegt den sechsten Rang, hinter Australien. China liegt trotz merklicher Anstiege weiterhin klar zurück. Auch Japan und Korea konnten noch nicht zu europäischen Vergleichsländern aufschließen. Indien sowie die meisten ASEAN-Länder erreichen noch einmal deutlich geringere Werte.

Stärker noch als im Bereich der wissenschaftlichen Publikationen lässt sich eine solche Aufholbewegung im Bereich der transnationalen Patentierung beobachten. Zwar liegen die USA hier mit einem globalen Anteil von 36,6% aller Anmeldungen noch vergleichsweise unstrittig in Führung (vor EU-28 mit 27,3% bzw. EU-27 mit 23,4%). Andererseits haben sowohl Akteure aus China ( $\times 6,24$ ), Korea ( $\times 3,80$ ) und Japan (+46%) ihre Patentaktivität in der Periode von 2006–17 deutlich gesteigert, während sich jene in den USA bzw. der Europäischen Union nach einem krisenbedingten Einbruch<sup>170</sup> noch nicht wieder völlig auf das Niveau von 2006 erholen konnte. Statt einer Steigerung bleiben die Anmeldezahlen aus diesen Märkten daher im Saldo zwischen 5–10% rückläufig. Anders als im wissen-

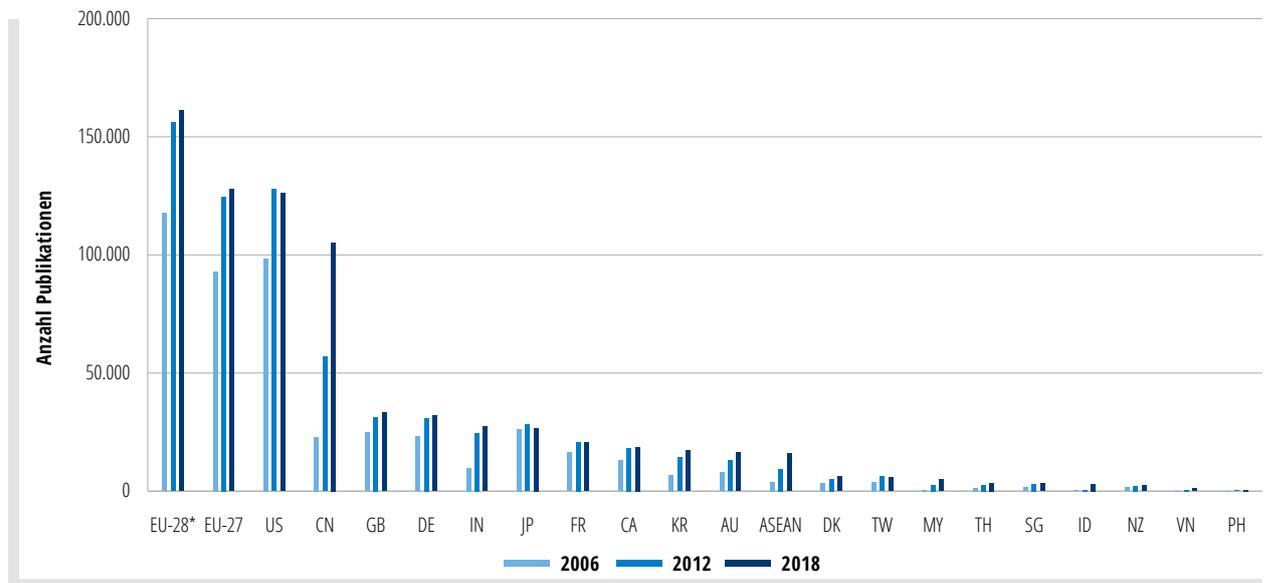
schaftlichen Bereich ist es somit noch nicht zu einer fundamentalen Verschiebung des globalen Schwerpunkts gekommen, ein diese Entwicklung befördernder Trend zeichnet sich allerdings auch hier bereits mit großer Deutlichkeit ab. Anders als in den USA bzw. im gesamteuropäischen Mittel zeichnet sich in Deutschland dabei auch nach 2012 keine positive Trendwende hin zu einem erneuten Anstieg der Aktivitäten ab. Auch deswegen liegt Deutschland nun hinter China auf Platz vier der Einzelstaaten, mit einem auf 8,0% gesunkenen Anteil an allen weltweiten Patentanmeldungen (2006: 11,6%). Auch in vielen ASEAN-Staaten zeichnet sich 2017, absolut gesehen, ein leichter Rückgang der Patentanmeldungen ab. Dies gilt für Malaysia, Thailand, die Philippinen und Indonesien. Steigende Zahlen können jedoch in Singapur verzeichnet werden.

Hinsichtlich der Patentzahlen pro Einwohner sticht insbesondere Dänemark hervor, darüber hinaus finden sich überdurchschnittliche Werte in den USA, Korea, Japan, Deutschland und Singapur. Insbesondere in China, Indien und den ASEAN-Staaten fallen diese Werte demgegenüber sehr gering aus. In allen Märkten mit substanziellem Patentaufkommen liegt darüber hinaus der Anteil der Ko-Patente ohne größere Abweichungen zwischen etwas über 20 und ca. 35%. Signifikant niedriger ist sie lediglich in den USA und China, noch einmal niedriger in Korea und Japan. In den ASEAN-Staaten ist sie dagegen überdurchschnittlich hoch. In Ländern mit sehr niedrigem Patentaufkommen wie z.B. Thailand liegt sie dagegen meist deutlich darüber.

Im Bereich Lebenswissenschaften wird die Gruppe der Top-10 publizierenden Akteure im APRA-Raum von chinesischen Institutionen dominiert. Lediglich drei von zehn Organisationen sind stattdessen in Australien angesiedelt. Mit Blick auf den Umfang der erhaltenen Zitationen führen dagegen mit der Nanyang Technological University sowie der National University of Singapore zwei Institutionen aus Singapur. Darauf folgen mit Nanjing University und Tsinghua University zwar erneut zwei chinesische Akteure, allerdings keine, die hinsichtlich ihres rein quantitativen Outputs unter die Top-10 fallen. Die mit Blick auf ihre absoluten Publikationszahlen führende Zhejiang University wiederum findet sich hinsichtlich ihrer Zitationen nicht unter den Top-10. Erwähnenswert hinsichtlich ihres Zitationsaufkommens sind weiter-

170 bis ca. 2011/12 (US) bzw. 2014/15 (EU).

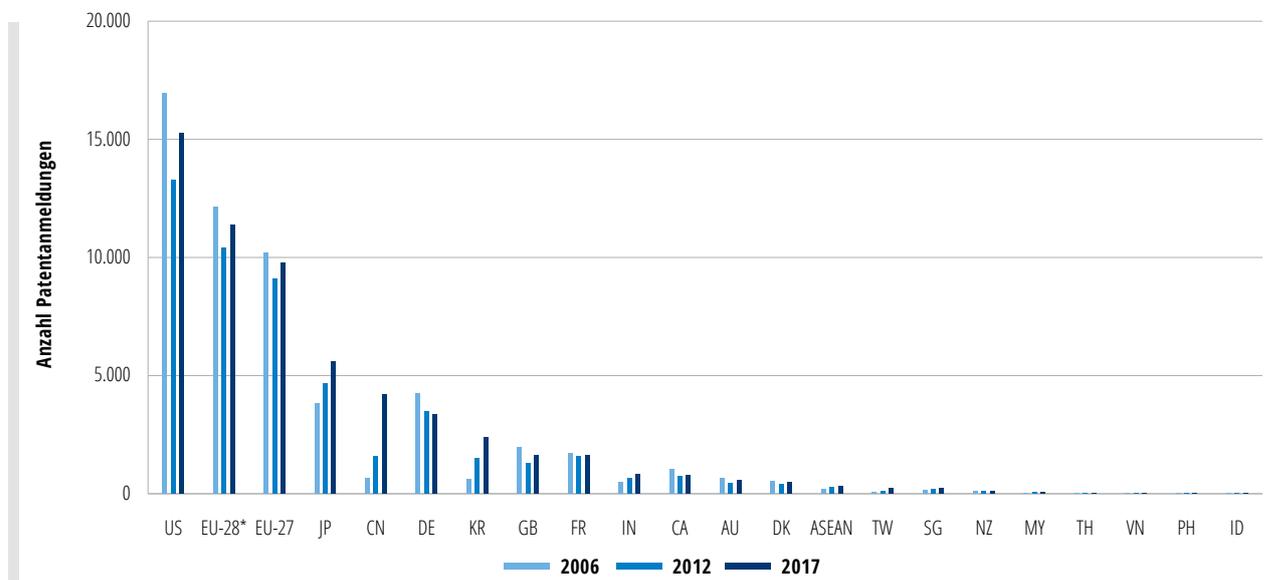
**ABBILDUNG 20: Publikationen (Scopus) im Bereich Lebenswissenschaften**



HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien; Angaben zu und Berechnungen auf Basis von Publikationszahlen beruhen hier und im Folgenden grundsätzlich auf Vollzählungen (full count)

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG 21: Patentanmeldungen (transnational) im Bereich Lebenswissenschaften**



HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien; Angaben zu und Berechnungen auf Basis von Patentanmeldungsanzahlen beruhen hier und im Folgenden grundsätzlich auf Vollzählungen (full count)

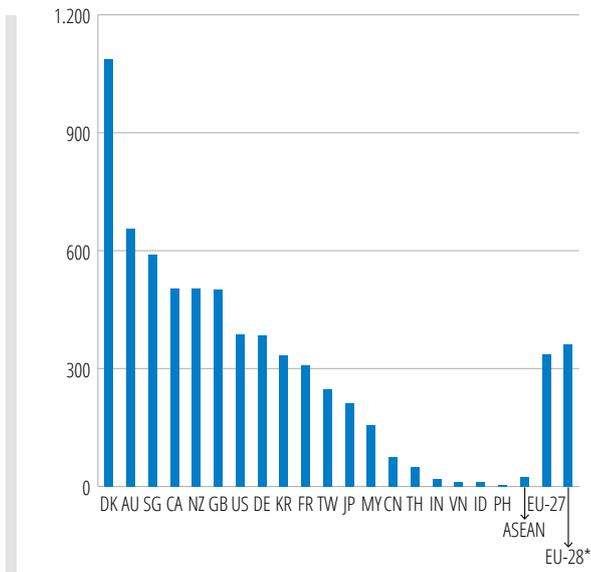
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

hin mehrere australische Universitäten und die Japan Science and Technology Agency.

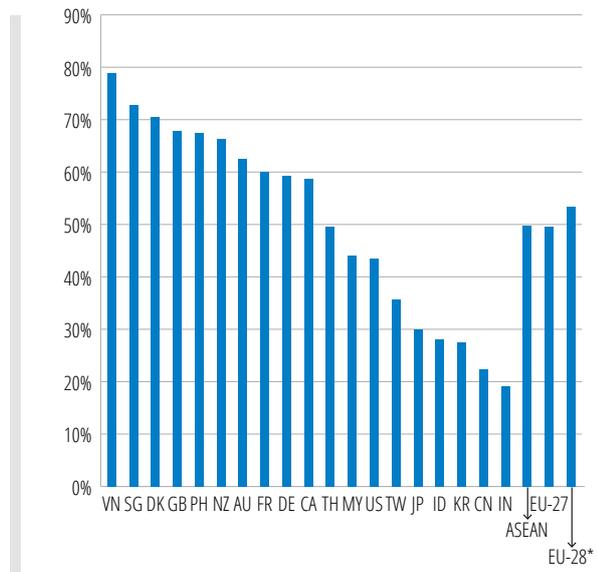
Hinsichtlich des Patentaufkommens erreichen v.a. japanische Unternehmen und mit Samsung, ein koreanisches Großunternehmen, die Top-10 im APRA-Raum, angeführt von Olympus, Terumo und Fujifilm. Im öffentlichen Bereich nimmt die Chinesische Akademie

der Wissenschaften als Dachorganisation verschiedener Institute die führende Position ein, gefolgt von der Seoul National University, der Osaka University sowie der University of Tokyo. Auch in der unteren Hälfte des Top-10 Rankings treten v.a. japanische und koreanische Universitäten in Erscheinung, ergänzt um die singapurische Forschungsagentur A\*STAR auf Rang fünf, sowie um die National University of Singapore auf Rang zehn.

**ABBILDUNG 22: Publikationen pro Mio. Einwohner (Scopus) im Bereich Lebenswissenschaften 2018**

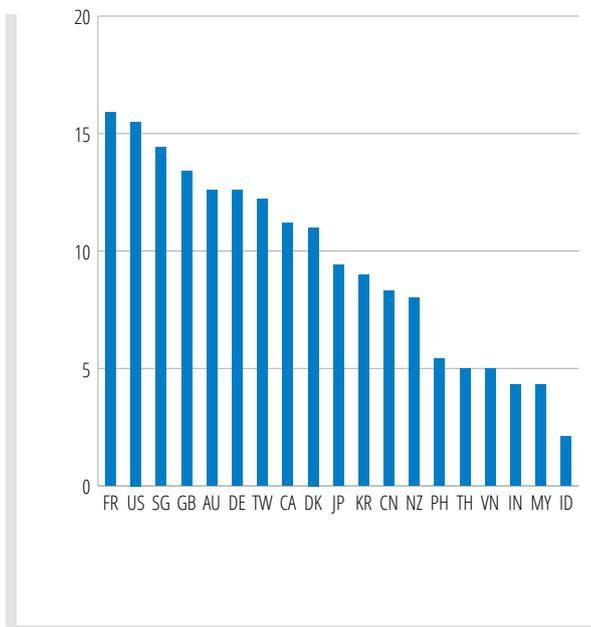


**ABBILDUNG 23: Anteil internationaler Ko-Publikationen (Scopus) im Bereich Lebenswissenschaften 2018**

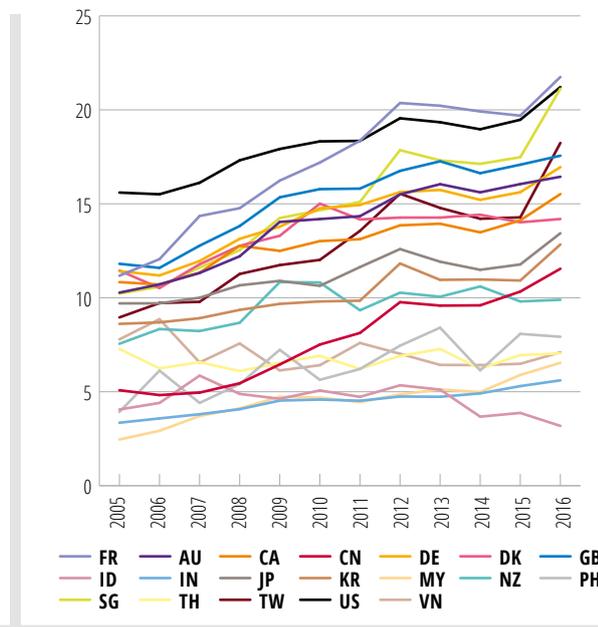


HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien  
 QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG 24: Mittlere Zittrate von Publikationen (Scopus), Mittel 2014–18 im Bereich Lebenswissenschaften**

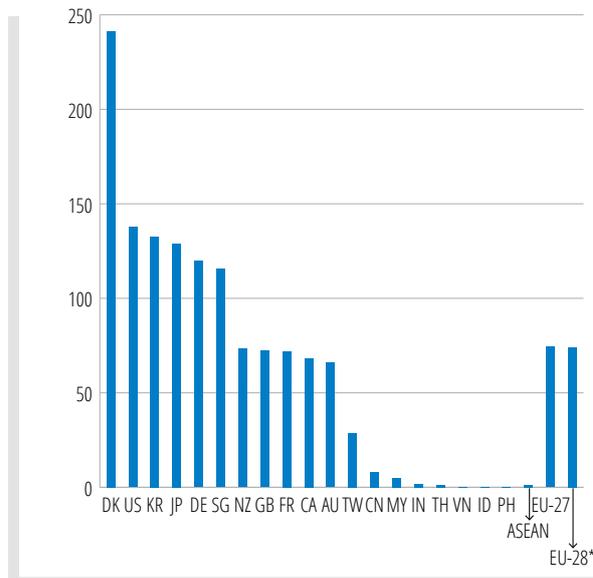


**ABBILDUNG 25: Entwicklung der mittleren Zittrate 2005–16 im Bereich Lebenswissenschaften**

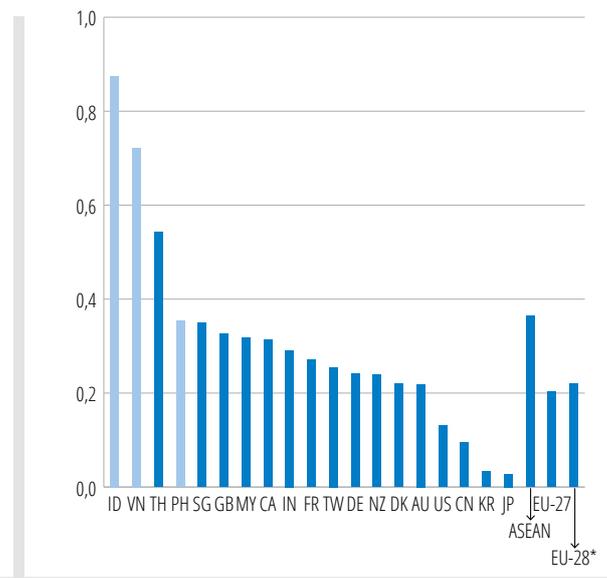


HINWEIS: Zitratraten nur bis 2016 sinnvoll abbildbar, da Zitationen von 2017 und 2018 noch nicht hinreichend erfolgt sind  
 QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG 26: Patentanmeldungen pro Mio. Einwohner (transnat), Summe 2015–17 im Bereich Lebenswissenschaften**



**ABBILDUNG 27: Anteil int. Ko-Patentanmeldungen (transnat), Mittel 2015–17 im Bereich Lebenswissenschaften**



HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien; heller Hintergrund: insgesamt unter 20 Patente

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

**TABELLE 19: Liste der Top 10 publizierenden und patentierenden APRA-Akteure im Bereich Lebenswissenschaften, Summe 2015–17**

PUBLIZIEREND: NACH ANZAHL DER PUBLIKATIONEN	PUBLIZIEREND: NACH ZITATIONEN
Zhejiang University (CN)	Nanyang Technological University (SG)
University of Melbourne (AU)	National University of Singapore (SG)
Chinese Academy of Sciences, Graduate School (CN)	Nanjing University (CN)
Shanghai Jiaotong University (CN)	Tsinghua University (CN)
Peking University (CN)	University of Melbourne (AU)
Sun Yat-Sen University (CN)	Japan Science and Technology Agency (JP)
University of Sydney (AU)	University of Adelaide (AU)
University of Queensland (AU)	University of New South Wales (AU)
Fudan University (CN)	University of Hong Kong (HK-CN)
University of Tokyo (JP)	University of Queensland (AU)
Patentierend: Unternehmen	Patentierend: öffentliche Institutionen
Olympus Corporation (JP)	Chinese Academy of Sciences (CN)
Terumo Corporation (JP)	Seoul National University (KR)
Fujifilm (JP)	Osaka University (JP)
Unicharm Corporation (JP)	University of Tokyo (JP)
Samsung Electronics Co., Ltd. (KR)	A*STAR (Agency for Science Technology & Research) (SG)
Sony Corporation (JP)	Kyoto University (JP)
Hitachi (JP)	Tohoku University (JP)
Kao Corporation (JP)	Korea University (KR)
Omron Healthcare Co., Ltd. (JP)	Yonsei University (KR)
Canon (JP)	National University of Singapore (SG)

HINWEIS: Zitationsranking unter den Top-100 publikationsstärksten Institutionen

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus & EPO Worldwide Patent Statistical Database

## Teilbereich: Medizinische Biotechnologie

**Die medizinische Biotechnologie (teils auch: rote Biotechnologie) umfasst jene Bereiche der Biotechnologie, die auf die Entwicklung therapeutischer und diagnostischer Verfahren ausgerichtet sind. Ihr Forschungsinteresse richtet sich auf Krankheitserreger und potenzielle Wirkstoffproduzenten aus der Natur, aber auch die mögliche Heilung von Krankheiten durch Gentherapie. Zu ihren Anwendungsgebieten zählen die Medizinische Diagnostik, die Herstellung von Arzneimitteln, die Gentherapie sowie die Regenerationsmedizin.**

Weltweit haben sich die wissenschaftlichen Publikationsaktivitäten im Bereich medizinische Biotechnologie zwischen 2006 und 2017 um 93% gesteigert. Führend bleibt dabei weltweit die Europäische Union (EU-28: 28,5%, EU-27: 23,4%). Als nun wissenschaftlich aktivste Einzelnation hat allerdings China seit 2017 mit nun 20,8% aller Publikationen den USA (aktuell 18,1%) den zweiten Rang abgelaufen. Auf Platz vier folgt Indien mit 11,3%, auf Platz fünf die ASEAN als Ländergruppe mit 7,0%, erst danach Großbritannien, Deutschland sowie Japan und Frankreich. Während die Publikationszahlen in Japan stabil blieben und in der Europäischen Union sowie den USA um 40–50% anstiegen, kam es in China zu nahezu einer Verfünffachung ( $\times 4,81$ ), in Korea zu mehr als einer Verdopplung ( $\times 2,28$ ) und in den ASEAN Staaten – insbesondere seit 2012 – zu einer Versechsfachung ( $\times 5,95$ ). Stärker noch als im Bereich Lebenswissenschaften insgesamt hat der parallele Aufstieg von China und Indien das globale Gefüge akademischer Wissensproduktion in der medizinischen Biotechnologie maßgeblich verändert. Deutschland liegt auf Platz vier der Einzelstaaten, mit einem auf 5,3% gesunkenen Anteil an allen weltweiten Publikationen (2006: 6,9%). Das Wachstum in den ASEAN-Staaten ist vor allem auf starke Wachstumsraten in Malaysia und Indonesien sowie Thailand, Vietnam, Singapur und den Philippinen zurückzuführen.

Im Hinblick auf Publikationen pro Einwohner führt erneut Dänemark die Gruppe an, in kontinuierlich absteigender Reihung vor Singapur, Malaysia, Australien, Neuseeland, Korea, Großbritannien, Kanada, Deutschland, Frankreich, den USA, Taiwan und Japan, wo der Wert bereits nur noch weniger als die Hälfte dessen in Singapur erreicht. Weitaus geringer ist sie erwartungsgemäß in China und Indien, aber auch in den verbleibenden ASEAN-Staaten. Auch die Anteile internationaler Ko-Publikationen sind vor allem in kleinen, aber auch etablierten westlichen Wissen-

schaftsnationen mittlerer Größe hoch (Großbritannien, Frankreich, Deutschland). Japan, Korea und China erreichen demgegenüber niedrigere Werte, Indien liegt auf dem letzten Platz. In den ASEAN-Staaten ist dagegen ein im Mittel höherer Kooperationsanteil zu verzeichnen. Hinsichtlich der Zittrate liegen die USA vorn, gefolgt von Singapur sowie den vorgenannten westlichen Wissenschaftsnationen mittlerer Größe. Darüber hinaus erzielt allerdings nicht nur Taiwan vergleichsweise hohe Werte. Auch China selbst hat hinsichtlich der mittleren Zitratraten seiner Veröffentlichungen im Bereich medizinische Biotechnologie bereits seit Beginn der 2010er Jahre Japan und Korea überholt. Indien erzielt mit die niedrigsten Werte. Deutschland erreicht Rang sieben, hinter Kanada.

Wie im Bereich der Lebenswissenschaften insgesamt wird das Patentaufkommen nach wie vor merklich durch die USA dominiert (46,8%). Erneut hat sich allerdings auch hier das Patentaufkommen noch nicht von einem nahezu 40%igen, krisenbedingten Einbruch zwischen 2006–12 erholt. Wenngleich dieser Einbruch in Europa und Japan milder ausfiel, konnte auch hier das Niveau von 2006 noch nicht wieder erreicht werden. Während also die USA und die Europäische Union Rückgänge zwischen 10% und 20% verzeichneten, konnte China die Zahl seiner Anmeldungen mehr als verfünffachen ( $\times 5,31$ ) und Korea seine nahezu vervierfachen ( $\times 3,88$ ). Auch in Indien ist ein starkes Wachstum erkennbar. In den ASEAN-Ländern stiegen die Aktivitäten um mehr als 80% an, wenngleich auf noch immer sehr geringem Niveau. Das Wachstum ist hier jedoch vor allem durch steigende internationale Patentierungsaktivitäten Singapurs zu erklären. Während also die technologischen Aktivitäten im Bereich medizinische Biotechnologie zurzeit noch klar von den USA sowie der Europäischen Union dominiert werden, hat China auch hier mit dem stagnierenden

Japan aufgeschlossen und alle europäischen Einzelländer deutlich überholt. Während z. B. Deutschland noch 2012 fast doppelt so viele Patente anmeldete wie China, beträgt das Verhältnis aktuell 1,8:1, zugunsten Chinas. Insgesamt liegt Deutschland zurzeit auf Platz fünf der Einzelstaaten, mit einem auf 5,9% gesunkenen Anteil an allen weltweiten Patentanmeldungen (2006: 9,1%).

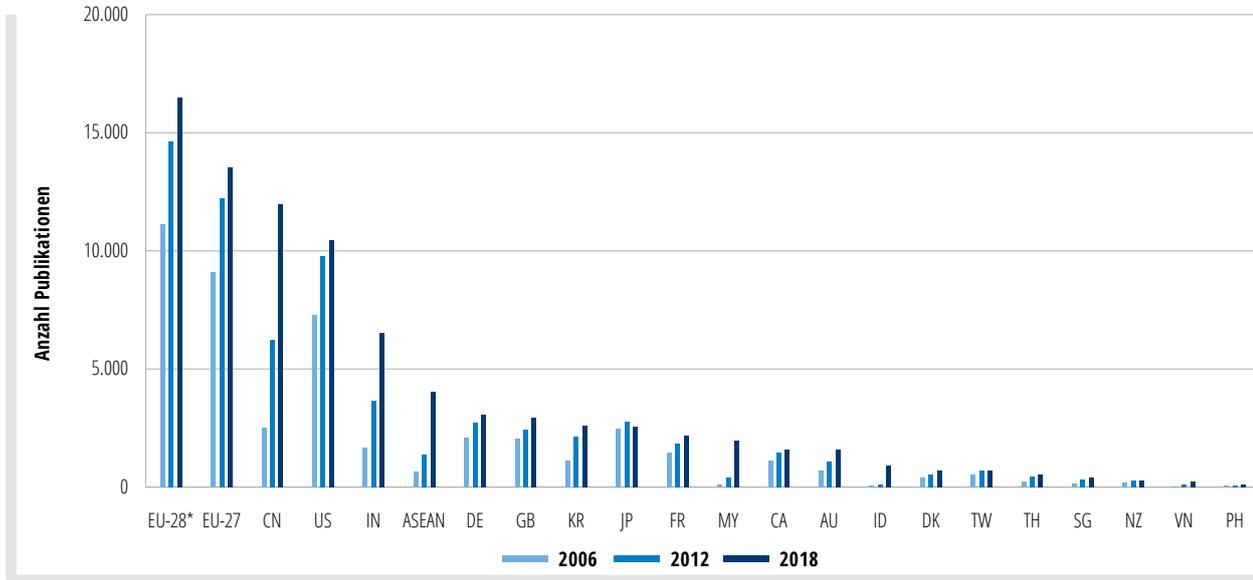
Hinsichtlich der Patentanmeldungen pro Einwohner fällt mit Blick auf die APRA-Länder vor allem die hohe Patentintensität in Singapur und Korea auf. Beide Länder bilden zusammen mit den USA und Dänemark eine klar abgegrenzte Spitzengruppe. Darüber hinaus erzielt auch Japan Werte deutlich über dem deutschen bzw. europäischen Durchschnitt. Der Anteil der Ko-Patente liegt in den meisten Ländern zwischen knapp über 20% und knapp über 40% und leicht über dem Mittelwert der Lebenswissenschaften. Wie dort erzielen auch hier mit Großbritannien und Indien aber auch Deutschland und Frankreich einige vergleichsweise große Länder relativ hohe Werte (zwischen knapp unter 30% und 35%), vor manchen kleineren, weit entwickelten Ländern wie Singapur oder Neuseeland. Grundsätzlich bleibt der übliche Zusammenhang zwischen Marktgröße und Kooperationsneigung allerdings erhalten, wie die hohen Werte von Dänemark, Taiwan und Australien belegen. In Japan und Korea findet sich demgegenüber – wie in vielen Feldern – eine sehr geringe Kooperationsneigung von unter 5%. Auch China und die USA verzeichnen geringere Kooperationsneigungen.

Mit Blick auf die absoluten Publikationszahlen im Bereich medizinische Biotechnologie wird das Feld der Top-10 erneut fast ausschließlich von chinesischen Institutionen dominiert. Einzige Ausnahme bleibt die Seoul National University auf Rang fünf. Hinsichtlich der Zitationen liegt mit der Nanyang University aus Singapur zwar noch eine nicht-chinesi-

sche Institution vorn, danach folgen allerdings direkt zentrale chinesische Akteure wie Nanjing University, Huazhong University of Science and Technology und Fudan University. Der siebte Rang der University of Adelaide sowie der neunte Rang der University of Melbourne unterstreichen die fortgesetzte Bedeutung Australiens in diesem Themenfeld.

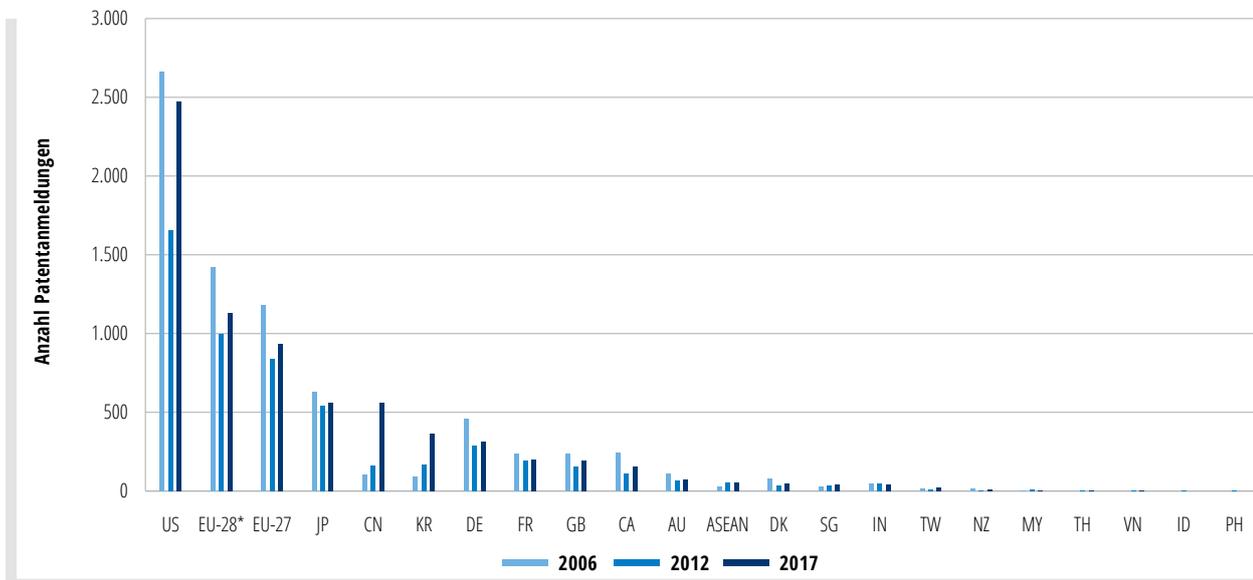
Hinsichtlich der Patentanmeldungen dominieren erneut fast ausschließlich japanische Großunternehmen, erst auf den Rängen sieben und neun folgen mit AmorePacific und iNtRON koreanische Akteure. Auch im Bereich der öffentlichen Institutionen dominieren Japan und Korea, die ersten drei Ränge entfallen auf die Osaka University, die University of Tokyo sowie die Seoul National University. Die Chinesische Akademie der Wissenschaften ist weniger aktiv als in den Lebenswissenschaften insgesamt und folgt auf Rang fünf, auf Rang sechs mit A\*STAR ein Forschungsinstitut aus Singapur.

**ABBILDUNG 28: Publikationen (Scopus) im Bereich medizinischer Biotechnologie**



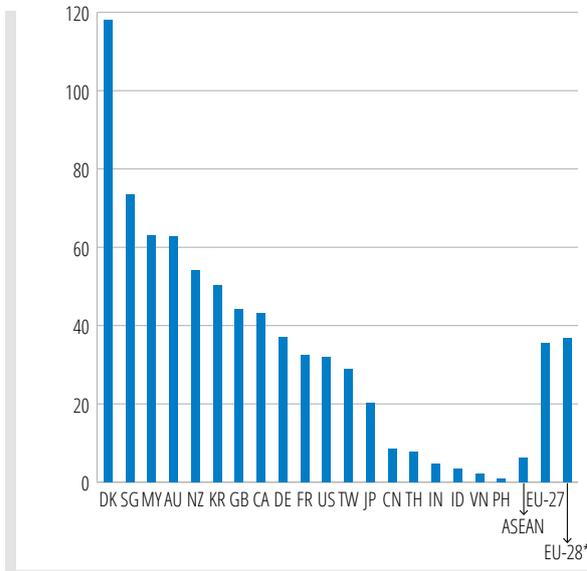
HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien  
 QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG 29: Patentanmeldungen (transnational) im Bereich medizinischer Biotechnologie**

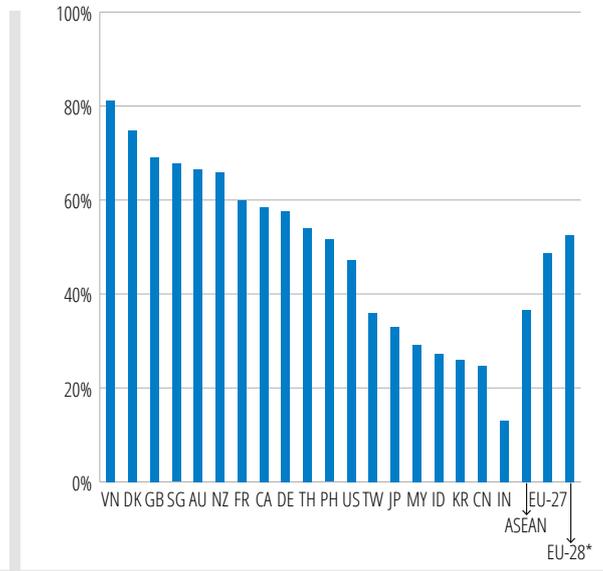


HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien  
 QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

**ABBILDUNG 30: Publikationen pro Millionen Einwohner (Scopus), 2018 im Bereich med. Biotechnologie**

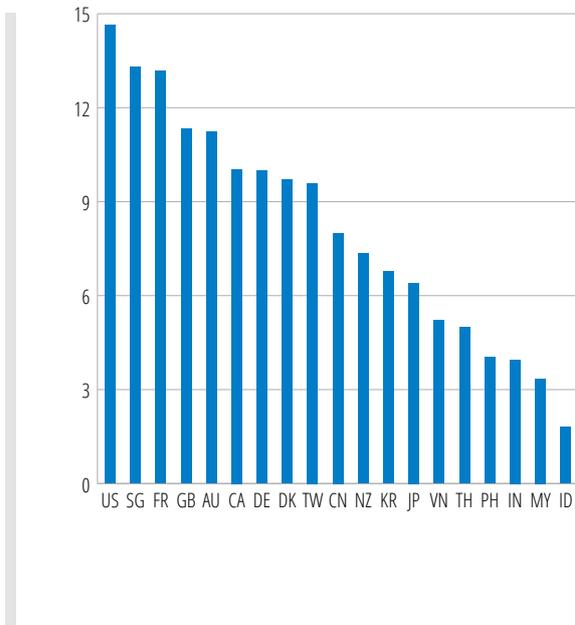


**ABBILDUNG 31: Anteil internationaler Ko-Publikationen (Scopus), 2018 im Bereich med. Biotechnologie**

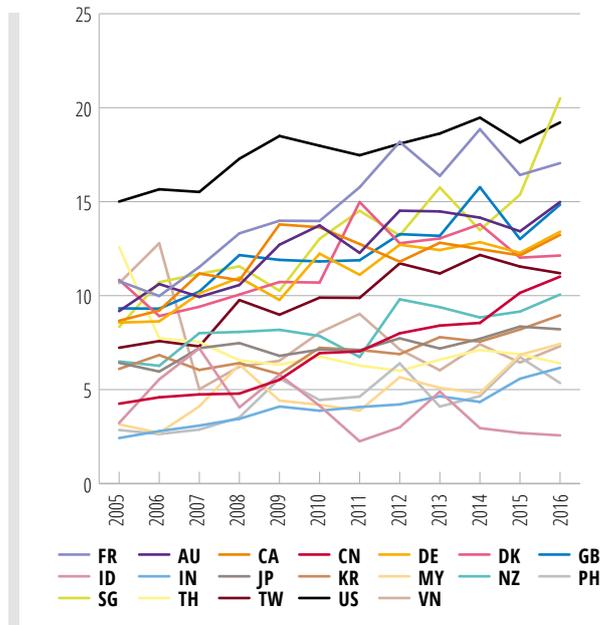


HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien  
 QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG 32: Mittlere Zittrate von Publikationen (Scopus), Mittel 2014–18 im Bereich med. Biotechnologie**

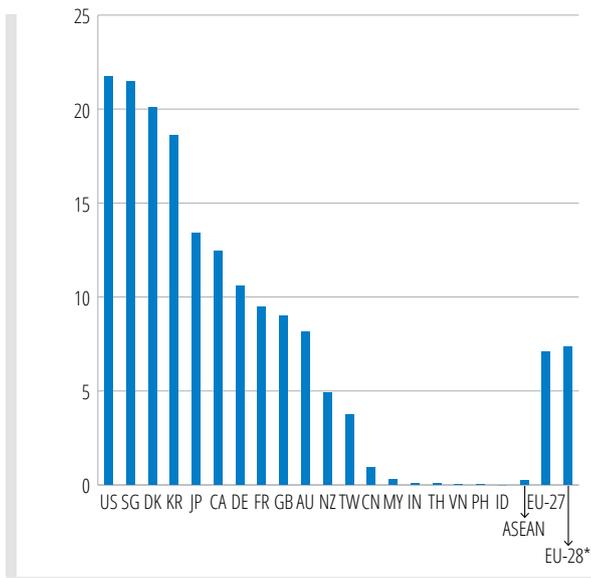


**ABBILDUNG 33: Entwicklung der mittleren Zittrate (Scopus) 2005–16 im Bereich med. Biotechnologie**

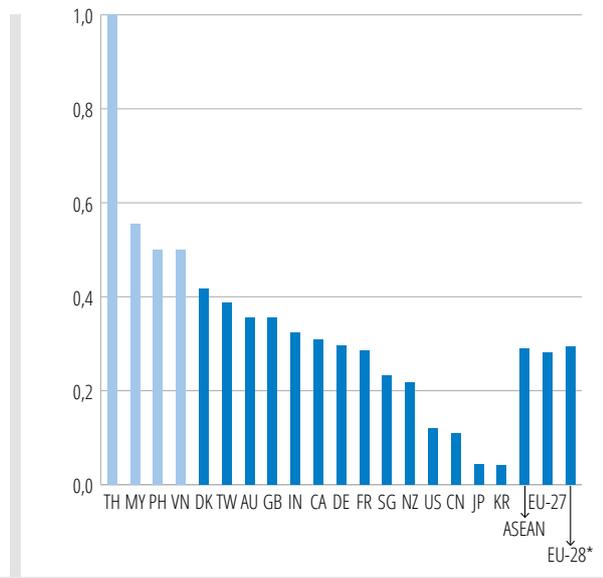


HINWEIS: Zitraten nur bis 2016 sinnvoll abbildbar, da Zitationen von 2017 und 2018 noch nicht hinreichend erfolgt sind  
 QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG 34: Patentanmeldungen pro Mio. Einwohner (transnat), Summe 2015–17 im Bereich med. Biotechnologie**



**ABBILDUNG 35: Anteil int. Ko-Patentanmeldungen (transnat), Mittel 2015–17 im Bereich med. Biotechnologie**



HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien; keine Patente in Indonesien; heller Hintergrund: insgesamt unter 20 Patente

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

**TABELLE 20: Liste der Top-10 publizierenden und patentierenden APRA-Akteure im Bereich medizinische Biotechnologie, Summe 2015–17**

PUBLIZIEREND: NACH ANZAHL DER PUBLIKATIONEN	PUBLIZIEREND: NACH ZITATIONEN
Chinese Academy of Sciences, Graduate School (CN)	Nanyang Technological University (SG)
Jiangnan University (CN)	Nanjing University (CN)
Zhejiang University (CN)	Huazhong University of Science and Technology (CN)
Chinese Academy of Agricultural Sciences (CN)	Fudan University (CN)
Seoul National University (KR)	Suzhou University (CN)
China Agricultural University (CN)	University of Hong Kong (HK-CN)
Shanghai Jiaotong University (CN)	University of Adelaide (AU)
Tsinghua University (CN)	Peking University (CN)
Nanjing Agricultural University (CN)	University of Melbourne (AU)
University of Queensland (AU)	Sun Yat-Sen University (CN)
PATENTIEREND: UNTERNEHMEN	PATENTIEREND: ÖFFENTLICHE INSTITUTIONEN
Daiichi Sankyo Co., Ltd (JP)	Osaka University (JP)
Kyowa Hakko Kirin Co., Ltd. (JP)	University of Tokyo (JP)
Kaneka Corporation (JP)	Seoul National University (KR)
Chugai Pharmaceutical Co., Ltd (JP)	Kyoto University (JP)
Konica Minolta Corporation (JP)	Chinese Academy of Sciences (CN)
Fujifilm (JP)	ASTAR (Agency for Science Technology & Research) (SG)
AmorePacific Corporation (KR)	Nagoya University (JP)
Riken Corporation (JP)	Hanyang University (KR)
iNtRON Biotechnology DR (KR)	Keio University (JP)
Ajinomoto Company (JP)	National University of Singapore (SG)

HINWEIS: Zitationsranking unter den Top-100 publikationsstärksten Institutionen

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus & EPO Worldwide Patent Statistical Database

## Teilbereich: Biomaterialien

**Als Biomaterial oder Implantatmaterial werden synthetische oder nichtlebende natürliche Werkstoffe bezeichnet, die in der Medizin für therapeutische oder diagnostische Zwecke eingesetzt werden und dabei in unmittelbarem Kontakt mit biologischem Gewebe des Körpers kommen. Diese Materialien treten dabei in chemische, physikalische und biologische Wechselwirkungen mit biologischen Systemen. Nach einer enger gefassten Definition bezeichnet man als Biomaterialien nur solche, die zum längerfristigen Verbleib ins Körperinnere eingebracht werden.**

Publikationsseitig ist der Bereich Biomaterialien insofern bemerkenswert, als dass China hier nicht nur vor den USA zum größten Einzelakteur geworden ist, sondern auch vor der EU-27/28 zum größten wissenschaftlichen Akteur überhaupt. Mit 32,4% aller Veröffentlichungen liegt es klar vor der Europäischen Union (EU-28: 26,2%, EU-27: 20,8%) sowie den USA (19,6%), deren globale Anteile seit 2012 zwischen 5–10% abgenommen haben. Dies ist jedoch vor allem durch den Aufstieg Chinas begründet, da die absoluten Zahlen auch für die USA noch immer ansteigen. Seit diesem Zeitpunkt hat sich vor allem die Zahl der Veröffentlichungen Chinas noch einmal erheblich gesteigert, während sich die Zuwachsraten in Europa und den USA merklich verminderten. Aufgrund der allgemeinen Neuheit des Themas verzeichneten zwar fast alle Akteure bis auf Japan mindestens eine Verdopplung ihrer Aktivitäten, allerdings konnte China seine Aktivitäten im gleichen Zeitraum mehr als versechsfachen, Korea seine mehr als vervierfachen und die ASEAN-Staaten ihre mehr als verfünffachen. Die steigenden Publikationszahlen innerhalb der ASEAN-Staaten lassen sich in fast allen betrachteten Einzelstaaten beobachten, wobei vor allem Malaysia, Vietnam und Indonesien mit vergleichsweise hohen Wachstumsraten herausstechen, wenn auch – v.a. im Falle Vietnams und Indonesiens – auf deutlich niedrigerem Niveau. Auch Indiens Aktivitäten intensivierten sich um Faktor 7 auf ca. 7,6% aller weltweiten Veröffentlichungen und Australien weitete seine Publikationsaktivitäten aus und kommt am aktuellen Rand auf einen weltweiten Anteil von 3,3%. Deutschland liegt auf Platz vier der Einzelstaaten, mit einem auf 5,9% gesunkenen Anteil an allen weltweiten Publikationen (2006: 7,7%).

Hinsichtlich der Publikationsintensität sticht im Bereich Biomaterialien v.a. Singapur hervor, das einen mehr als doppelt so hohen Wert wie der Zweitplatzierte, Australien, erreicht. Es folgen Korea, Dänemark und Großbritannien sowie Kanada, Deutsch-

land, Neuseeland, Taiwan und die USA. Hiermit befinden sich unter den „ersten zehn“ sieben APRA-Nationen. Im noch jungen Feld Biomaterialien ist darüber hinaus der Anteil der Ko-Publikationen überdurchschnittlich hoch, sieben Länder – angeführt von Dänemark, Singapur und Neuseeland – erreichen Werte über 60%, zwei weitere, darunter Deutschland, solche über 50%. Auch in Japan und Korea liegen die Anteile über 30%, selbst in China und Indien werden mehr als 20% erreicht. Hinsichtlich der mittleren Zitatraten besteht die außergewöhnliche Situation, dass mit Singapur, China, Korea, Taiwan vier asiatische Nationen noch vor den USA das Feld anführen. Deutschland erreicht lediglich den achten Rang.

Mit Blick auf die Patentanmeldungen ist eine noch 2006 mit 46,8% Gesamtanteil extrem deutlich ausgeprägte Dominanz der USA abgelöst worden durch eine Situation, in der die Europäische Union (EU-28: 32,8%, EU-27: 29,6%) mit den USA (29,0%) nahezu gleichauf liegt, gefolgt von Japan (17,3%), das Deutschland (11,6%) mittlerweile deutlich auf den vierten Platz verweist. Bereits auf Platz fünf folgt China mit 7,6%. Auch in Korea und Indien haben die Patentaktivitäten im Bereich Biomaterials merklich zugenommen. Wenngleich diese global nur Rang sieben und acht erreichen, liegen sie damit bereits merklich vor Großbritannien und nicht mehr weit hinter Frankreich. Grundsätzlich ist bemerkenswert, dass die absolute Zahl der Patentanmeldungen in diesem jungen und dynamischen Feld nicht nur in den USA (45% seit 2006), sondern auch in Europa (-15% seit 2006) merklich zurückgegangen ist, während sie in nahezu allen durch das Monitoring erfassten asiatischen Ländern weiter dynamisch anstieg. Neben Japan und China zählen hierzu auch Korea, Indien sowie Singapur. Deutschland liegt auf Platz drei der Einzelstaaten, mit einem auf 11,6% gesunkenen Anteil an allen weltweiten Patentanmeldungen (2006: 16,2%). Bei den kleineren ASEAN-Staaten zeigen sich in 2018

jedoch auch Rückgänge der Anmeldezahlen. Dies gilt v. a. für Malaysia, jedoch auch für Vietnam und Indonesien. Auch in Taiwan ist ein Rückgang seit 2006 zu beobachten.

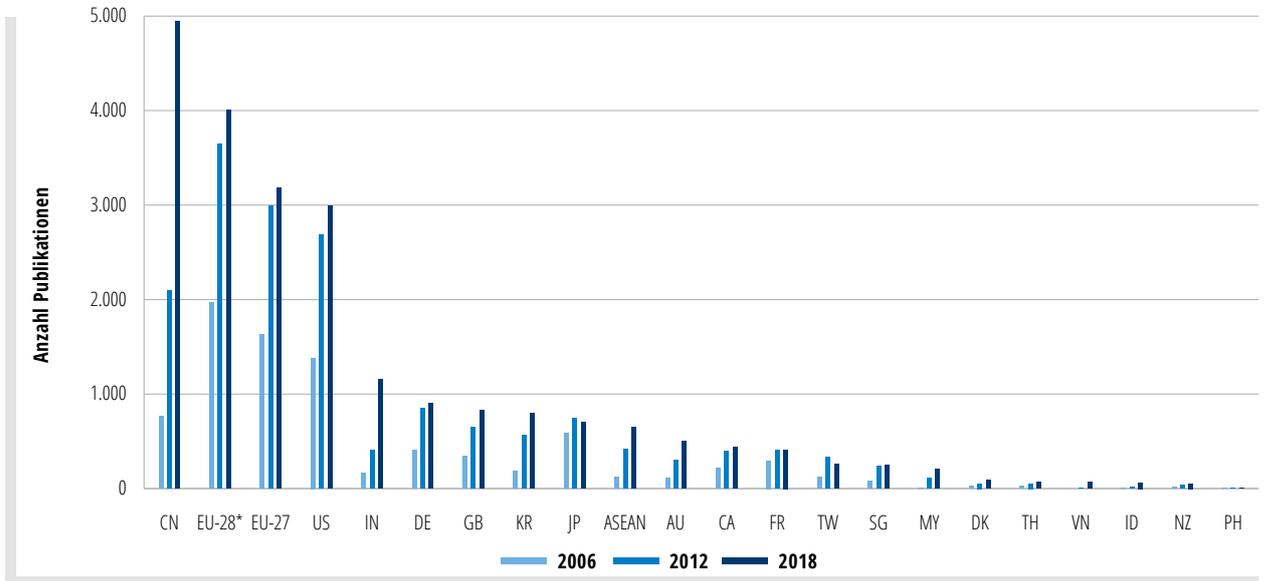
Hinsichtlich der Patentintensität pro Millionen Einwohner wird das Feld von Deutschland, Dänemark und Japan angeführt, es folgen in klar absteigender Reihenfolge Singapur, die USA, Frankreich, Korea sowie Neuseeland. Merklich geringer schon sind die Werte in Kanada, Großbritannien und Australien, die verbleibenden APRA-Länder erreichen keine nennenswerte Patentintensität. Relevant erscheint hierbei, dass unter den Ländern mit signifikantem Patentaufkommen Indien und Taiwan die höchsten Werte erzielen, noch vor Großbritannien, Dänemark, Kanada und Deutschland. Auf den großen Märkten der USA und Chinas ist auch der Kooperationsanteil erneut deutlich geringer. Wie in vielen anderen Technologiefeldern kooperieren darüber hinaus auch Korea und Japan trotz erheblichem Gesamtaufkommen und hoher Patentintensitäten kaum.

Unter den Top-10 publizierenden Institutionen stammen erneut sieben von zehn aus China, angeführt von der Huazhong University of Science and Technology sowie der Graduate School der Chinesischen Akademie der Wissenschaften. Darüber hinaus belegt die Nanyang Technological University aus Singapur einen

relevanten dritten Platz und die Seoul National University erreicht Rang neun vor der National University of Singapore auf Rang zehn. Im Unterschied zu den bislang analysierten Feldern stammen allerdings auch mit Blick auf das Zitationsaufkommen acht der Top-10 Institutionen aus China, angeführt vom National Center for Nanoscience and Technology, dem Shanghai Institute of Ceramics, der CAS sowie der Wuhan University of Technology. Stärkster nicht-chinesischer Akteur ist erneut die Nanyang Technological University aus Singapur auf Rang vier, gefolgt von der University of Adelaide aus Australien auf Rang sechs.

Die im Hinblick auf Patentanmeldungen führenden Unternehmen stammen im Bereich der Biomaterialien bislang ausschließlich aus Japan, angeführt von Sumitomo Chemical und Bridgestone. Auch unter den öffentlichen Anmeldern dominieren Akteure aus Singapur, Japan und Korea. Der aktivste öffentliche Patentanmelder ist dabei aktuell das singapurische Forschungsinstitut A\*STAR, gefolgt von der University of Tokyo, der Osaka University sowie der Seoul National University. Mit der Chinese Academy of Sciences auf Rang sechs und der South China University of Technology auf Rang neun konnten sich darüber hinaus auch bereits zwei chinesische Institutionen positionieren, wenngleich weniger prominent als im Bereich der Lebenswissenschaften insgesamt.

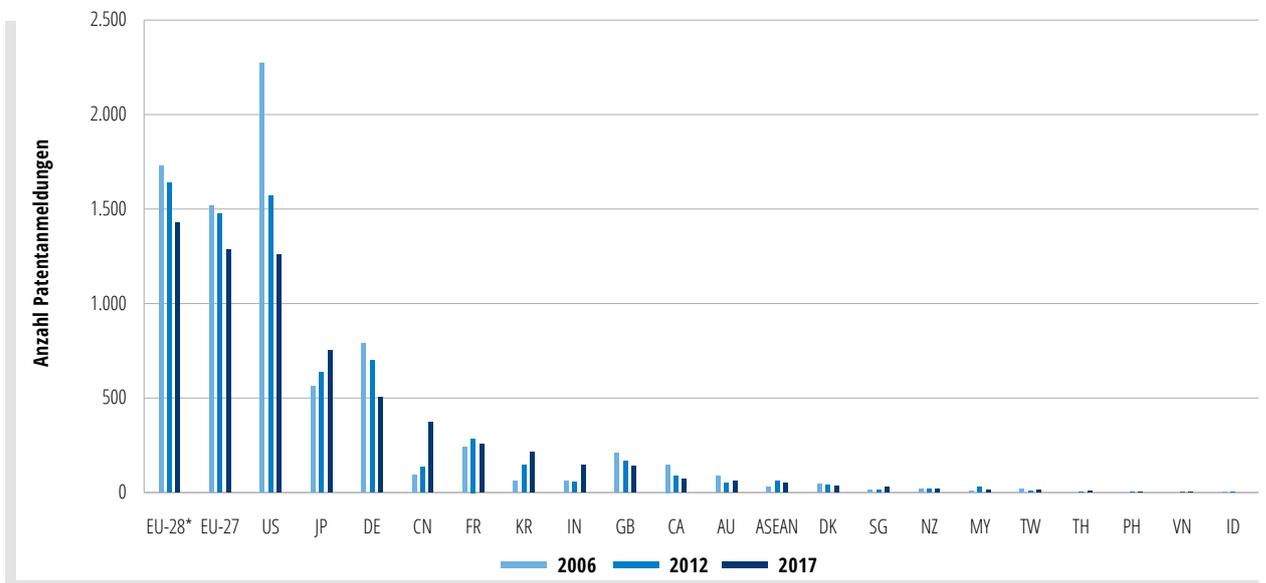
**ABBILDUNG 36: Publikationen (Scopus) im Bereich Biomaterialien**



HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

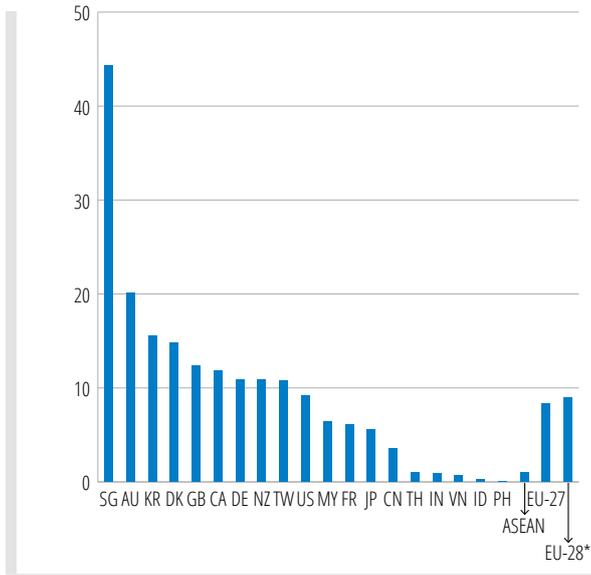
**ABBILDUNG 37: Patentanmeldungen (transnational) im Bereich Biomaterialien**



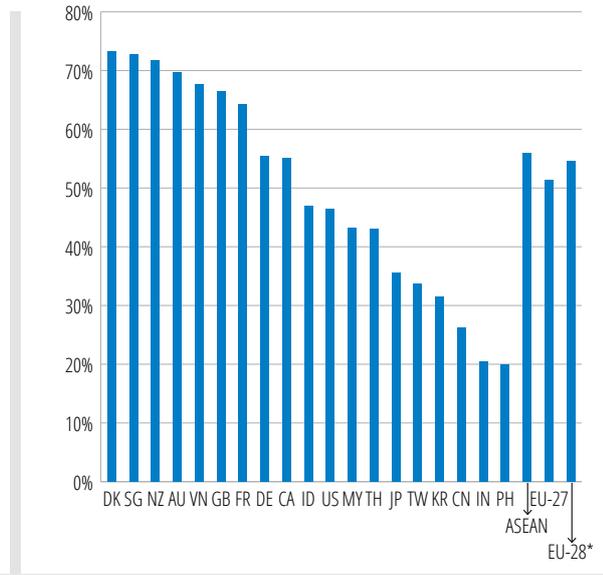
HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

**ABBILDUNG 38: Publikationen pro Mio. Einwohner (Scopus), 2018 im Bereich Biomaterialien**

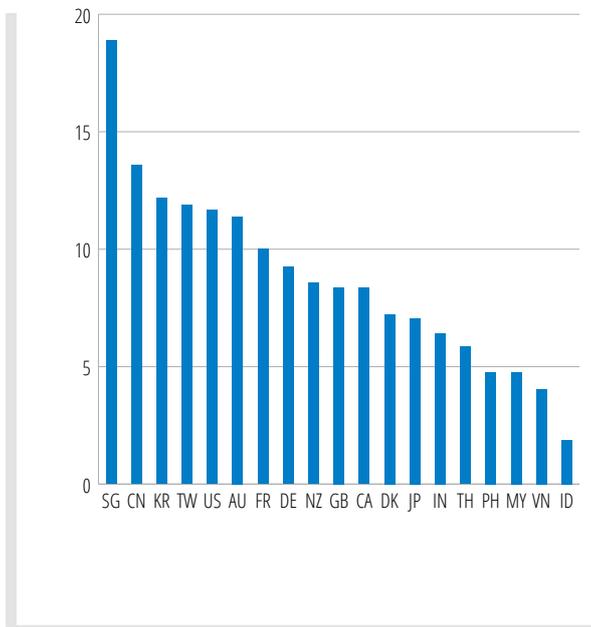


**ABBILDUNG 39: Anteil internationaler Ko-Publikationen (Scopus), 2018 im Bereich Biomaterialien**

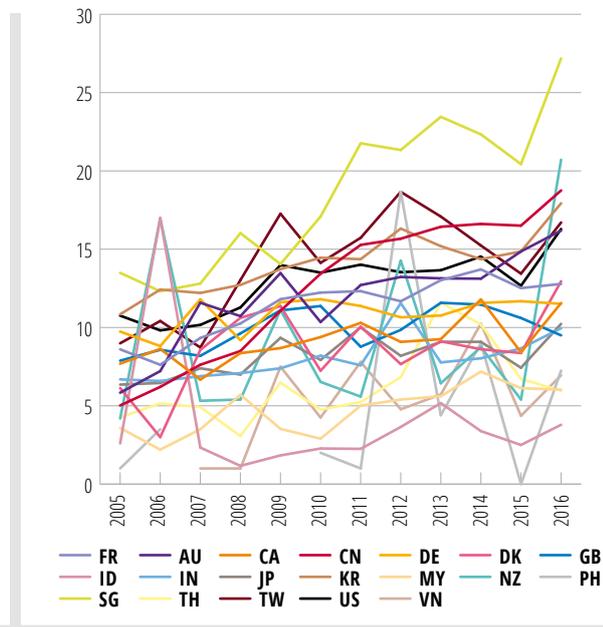


HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien  
 QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG 40: Mittlere Zittrate von Publikationen (Scopus), Mittel 2014–18 im Bereich Biomaterialien**

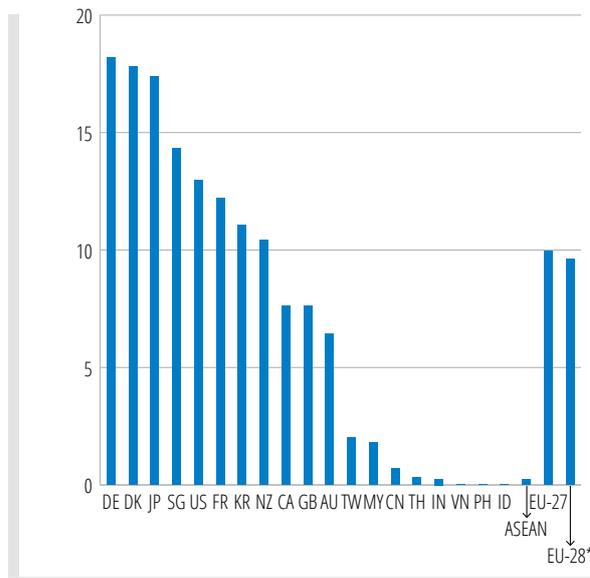


**ABBILDUNG 41: Entwicklung mittlere Zittrate 2005–16 im Bereich Biomaterialien in ausgewählten Ländern**

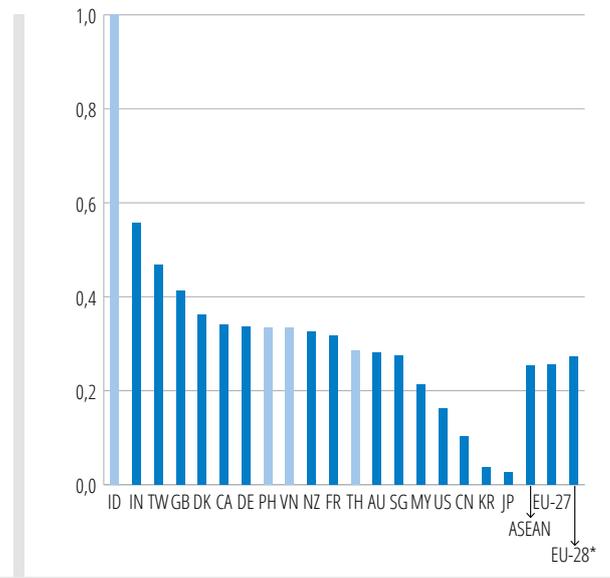


HINWEIS: Zitraten nur bis 2016 sinnvoll abbildbar, da Zitationen von 2017 und 2018 noch nicht hinreichend erfolgt sind  
 QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG 42: Patentanmeldungen pro Mio. Einwohner (transnat), Summe 2015–17 im Bereich Biomaterialien**



**ABBILDUNG 43: Anteil int. Ko-Patentanmeldungen (transnat), Mittel 2015–17 im Bereich Biomaterialien**



HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien; heller Hintergrund: insgesamt unter 20 Patente (TH: 21)

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

**TABELLE 21: Liste der Top-10 patentierenden und publizierenden APRA-Akteure im Bereich Biomaterialien, Summe 2015–17**

PUBLIZIERENDE: NACH ANZAHL DER PUBLIKATIONEN	PUBLIZIERENDE: NACH ZITATIONEN
Huazhong University of Science and Technology (CN)	National Center for Nanoscience and Technology (CN)
Nanyang Technological University (SG)	CAS – Shanghai Institute of Ceramics (CN)
Chinese Academy of Sciences – Graduate School (CN)	Wuhan University of Technology (CN)
Suzhou University (CN)	Nanyang Technological University (SG)
Tsinghua University (CN)	Fudan University (CN)
Jilin University (CN)	University of Adelaide (AU)
Shanghai Jiaotong University (CN)	Suzhou University (CN)
Seoul National University (KR)	CAS – State Key Lab of Polymer Physics and Chemistry (CN)
National University of Singapore (SG)	Graduate University, Chinese Academy of Sciences (CN)
Zhejiang University (CN)	CAS – Shenzhen Institutes of Advanced Technology (CN)
PATENTIERENDE: UNTERNEHMEN	PATENTIERENDE: ÖFFENTLICHE INSTITUTIONEN
Sumitomo Chemical Co., Ltd. (JP)	A*STAR (Agency for Science Technology & Research) (SG)
Bridgestone Corporation (JP)	University of Tokyo (JP)
Nippon Paper Industries Co., Ltd. (JP)	Osaka University (JP)
Sumitomo Rubber Industries, Ltd. (JP)	Seoul National University (KR)
Kao Corporation (JP)	Kyoto University (JP)
Yokohama Rubber Company, Ltd. (JP)	Chinese Academy of Sciences (CN)
Daio Paper Corporation (JP)	Nagoya University (JP)
Oji Holdings Corporation (JP)	Hanyang University (KR)
Shin-Etsu Chemical Co., Ltd. (JP)	South China University of Technology (CN)
Zeon Corporation (JP)	Korea University (KR)

HINWEIS: Zitationsranking unter den Top-100 publikationsstärksten Institutionen

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus und EPO Worldwide Patent Statistical Database

## Akademische Kooperation im Bereich Lebenswissenschaften

Im Hinblick auf akademische Kooperation bleiben für **China** im Bereich **Lebenswissenschaften** die USA der relevanteste wissenschaftliche Referenzraum. Auch in Summe bringen es die anderen APRA-Länder nicht einmal auf die Hälfte der US-Ko-Publikationen, in etwa entsprechend dem Niveau der Europäischen Union. Wichtigster Kooperationspartner innerhalb des APRA-Raums ist Australien, gefolgt von Japan. Auch die Kooperation mit ASEAN-Staaten (v.a. Singapur) hat zugenommen. Deutschland liegt im Länderranking auf dem fünften Rang, hinter Kanada. Demgegenüber haben aus Sicht **Japans** die Länder des APRA-Raums die USA bereits in Summe als wichtigsten Kooperationspartner abgelöst, zurückgehend nicht zuletzt, aber auch nicht allein auf eine zunehmende Kooperation mit China, die nach wie vor weniger als die Hälfte aller japanischen Kooperationen mit dem APRA-Raum ausmachen. Wichtige weitere Kooperationspartner sind v.a. die ASEAN-Staaten (v.a. Thailand), während die Kooperation mit Korea eher stagniert. Deutschland liegt im Länderranking auf Platz 4, hinter Großbritannien. In **Korea** hat die akademische Kooperation mit den USA seit ca. 2015 merklich abgenommen, wodurch sich ihr Niveau dem der weiterhin dynamisch ansteigenden Kooperation innerhalb des APRA-Raums annähert. Wie in Japan geht dies nicht zuletzt auch einen Anstieg der Kooperationen mit China zurück, die zwar nahezu das Niveau der Kooperationen mit der Europäischen Union erreicht, aber auch hier weniger als die Hälfte der Kooperationen mit anderen APRA-Ländern ausmacht. Ein weiterer wichtiger Kooperationspartner sind in diesem Fall die ASEAN-Staaten sowie Indien. Deutschland liegt im Länderranking auf Platz 5, hinter Indien. In **Indien** selbst bilden nach wie vor die USA der zentrale Kooperationspartner, gefolgt von den Staaten des APRA-Raums sowie der Europäischen Union, mit der die Kooperation seit ca. 2015 stagniert. Mit Abstand folgen die ASEAN-Staaten sowie als wichtigste einzelne APRA-Länder Korea, China und Australien. Deutschland liegt im Länderranking auf Platz 6, hinter China.

Auch im Bereich **medizinische Biotechnologie** sind für **China** im wissenschaftlichen Bereich die USA der relevanteste Kooperationspartner. In Summe bringen es die anderen APRA-Länder hier allerdings bereits auf mehr als die Hälfte der US-Ko-Publikationen, merklich über dem Niveau der Europäischen

Union. Wichtigster Kooperationspartner innerhalb des APRA-Raums ist auch hier Australien, gefolgt von den ASEAN-Staaten (v.a. Singapur) und Japan. Deutschland liegt im Länderranking auf Platz 5, hinter Kanada. Im Gegenteil dazu sind aus Sicht **Japans** v.a. Länder des APRA-Raums ein zentraler Kooperationspartner, die USA kommen auf nicht einmal die Hälfte der Ko-Publikationen, auf in etwa gleicher Höhe wie die ASEAN-Staaten (v.a.: Thailand, Indonesien, Malaysia) oder die Länder der Europäischen Union. Wichtige weitere Kooperationspartner sind Korea und Australien. Deutschland liegt im Länderranking auf Platz 6, hinter Korea. In **Korea** hat sich die akademische Kooperation mit den USA weniger dynamisch entwickelt als jene innerhalb des APRA-Raums, hinter der sie seit 2012 zurückliegt und in jüngster Zeit sogar absolut abgenommen hat. Wie in Japan geht dies nicht zuletzt auf den Anstieg der Kooperationen mit China zurück, die zwar das Niveau der Kooperationen mit der Europäischen Union erreicht, aber auch nur ca. ein Viertel der Kooperationen mit allen APRA-Ländern ausmacht. Ein weiterer wichtiger Kooperationspartner ist in diesem Fall Indien, gleichauf mit China. Deutschland liegt im Länderranking auf Platz 7, hinter Vietnam. In **Indien** selbst bilden die USA gleichauf mit den Staaten des APRA-Raums den wichtigsten Referenzraum. Die Kooperationen mit der Europäischen Union hingegen stagnieren seit ca. 2015 und sind relativ betrachtet zurückgefallen. Mit Abstand folgen Korea und die ASEAN-Staaten (v.a. Malaysia) sowie als wichtigste einzelne APRA-Länder China und Australien. Deutschland liegt im Länderranking auf Platz 7, hinter Malaysia.

Im noch jungen Bereich **Biomaterialien** sind für **China** die USA der wichtigste wissenschaftliche Partner. Es folgen die APRA-Länder, die Europäische Union sowie Australien und die ASEAN-Staaten (v.a. Singapur). Deutschland liegt im Länderranking auf Platz 6, hinter Kanada. Im Gegenteil dazu sind aus Sicht **Japans** v.a. Länder des APRA-Raums ein zentraler Partner, die Kooperation mit den USA geht zurück. Sie kommen nur mehr auf ca. ein Drittel der Ko-Publikationen, auf in etwa gleichem Niveau wie die Länder der Europäischen Union, mit denen die Kooperation ebenfalls rückläufig ist, und hinter China. Eine besondere Dynamik findet sich in der Zusammenarbeit mit ASEAN-Staaten (v.a. Indonesien und Malaysia).

Deutschland liegt im Länderranking auf Platz 6, hinter Indonesien. In **Korea** hat sich die akademische Kooperation mit den USA seit 2011 wenig dynamisch entwickelt und ist seit 2016 merklich eingebrochen. Hierdurch stehen nun die Länder des APRA-Raums in ihrer Gesamtheit an erster Stelle. Wie in Japan geht dies u. a. auf eine intensiviertere Kooperation mit China zurück, die mittlerweile jene mit der Europäischen Union übersteigt. Dennoch macht sie weniger als die Hälfte der Kooperationen mit allen APRA-Ländern aus. Ein weiterer wichtiger Kooperationspartner

sind darüber hinaus Indien sowie die ASEAN-Staaten (v. a. Vietnam). Deutschland liegt im Länderranking auf Platz 7, hinter Vietnam. Auch in **Indien** bilden die Staaten des APRA-Raums trotz eines leichten Rückgangs am aktuellen Rand den wichtigsten Referenzraum. Die Kooperationen mit Europäischen Union sowie den USA hingegen stagniert seit ca. 2016. Weitere wichtige Kooperationspartner sind Korea und die ASEAN-Staaten (v. a. Singapur und Malaysia). Deutschland liegt im Länderranking auf Platz 9, hinter Malaysia.

## Forschungs- und innovationspolitische Schwerpunkte ausgewählter APRA-Länder im Bereich Lebenswissenschaften

### China

In China spielt die medizinische Biotechnologie (BT) in den Lebenswissenschaften eine Schlüsselrolle und wird bereits seit den 1980er Jahren im Rahmen verschiedener staatlicher Programme gefördert. Aktuell sind zwei der sogenannten Mega-Projekte, die eine Verbindung zwischen Grundlagenforschung, angewandter Forschung und kommerzieller Anwendung herstellen sollen, im Kontext von medizinischer BT zu finden<sup>171</sup>: Erstens, die Entwicklung neuer Medikamente, einschließlich (niedermolekularer) Wirkstoffe gegen nichtübertragbare Krankheiten sowie neue Impfstoffe und Antikörper-Therapien, zweitens, die Vermeidung und Behandlung von HIV/AIDS, viraler Hepatitis und anderen Infektionskrankheiten.

China verzeichnet die größte Produktion von Impfstoffen weltweit. Allerdings werden diese fast ausschließlich im Inland vertrieben. Zudem wurden bisher nur vier chinesische Impfstoffe von der WHO präqualifiziert.<sup>172</sup> Der wichtigste staatliche Impfstoffproduzent ist die China National Biotech Group (CNBG), die Ende der 1980er Jahre aus sechs industriellen Forschungsinstituten des chinesischen Gesundheitsministeriums hervorgegangen ist. Das wichtigste nicht-staatliche Unternehmen ist Sinovac Biotech in Beijing. Neben dem HAV-Impfstoff hat das Unternehmen sich vor allem einen Namen durch Influenza-Vakzine

gemacht. Es war das erste chinesische Unternehmen, das einen Impfstoff gegen SARS und H1N1 (Schweinegrippe) entwickelt hat. Außerdem hat es einen Impfstoff gegen H5N1 (Vogelgrippe) entwickelt. Sowohl die CNBG (über ihr Institut in Wuhan) und Sinovac haben im April 2020 die Genehmigung für klinische Tests zu einem möglichen SARS-CoV-2-Impfstoff erhalten.<sup>173</sup> Neben dem Fokus auf den ungedeckten Bedarf an Impfstoffen für die Prävention bisher unbeachteter Infektionskrankheiten hat die chinesische Regierung auch die Entwicklung therapeutischer Impfstoffe als Ziel ausgegeben.

Bei modernen Antikörpertherapien, die gerade im Bereich der Krebstherapien einen wichtigen Stellenwert einnehmen, war China lange Zeit wenig sichtbar gewesen. Trotz staatlicher Pläne zur Entwicklung neuartiger Antikörper liegt auch weiterhin der Schwerpunkt auf dem Upgrading vorhandener Protein- und Antikörpertherapien (z. B. der Umstellung auf vollhumane monoklonale Antikörper) und ihrer Aufwertung in anerkannte Biosimilars. Allerdings verändert sich die Sichtbarkeit des Landes gerade allmählich durch Pharmaunternehmen wie Jiangsu Hengrui Pharmaceutical, das nach der Marktzulassung für sein Krebsmedikament Apatinib Ende Mai 2019 auch die Marktzulassung für die Antikörpertherapie Camrelizumab (Staatliche Marktzulassungsnummer

<sup>171</sup> Development Solutions (2018) Advance EU Access to Financial Incentives for Innovation in China. Guide for EU Stakeholders on Chinese national STI funding Programmes, S. 12 und 35.

<sup>172</sup> Zu den chinesischen Impfstoffen, die von der WHO präqualifiziert wurden, zählen Japanische Enzephalitis: Chengdu Institute of Biological Products (präqualifiziert seit Okt. 2013), Saisonale Influenza: Hualan Biological Bacterin (Juni 2015), Hepatitis A Virus: Sinovac Biotech (Dezember 2017) und Poliomyelitis: Beijing Institute of Biological Products (Dezember 2017). WHO, online [https://extranet.who.int/gavi/PQ\\_Web](https://extranet.who.int/gavi/PQ_Web), Zugriff: 14.7.2019.

<sup>173</sup> Ärzteblatt (2020) SARS-CoV-2: China genehmigt klinische Tests von Impfstoffen, 14.4.2020, online <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/111957/SARS-CoV-2-China-genehmigt-klinische-Tests-von-Impfstoffen>, Zugriff: 29.4.2020.

S20190027) erhalten hat. Insbesondere die Biotechnologie und pharmazeutische Industrie haben durch die staatliche Anwerbung von Returnees (nach China zurückgekehrten chinesischen Experten), etwa im Rahmen des Tausend-Talente-Programms, massiv an Fähigkeiten und Wissen gewonnen. Chinesische Unternehmen haben eine beachtliche Pipeline an innovativen Krebstherapien aufgebaut. Die meisten relevanten Krebstherapien, die sich zurzeit in der klinischen Entwicklung befinden, stammen von Returnee-Unternehmen. Eines der am meisten beachteten Unternehmen in diesem Bereich ist Beigene, ein NASDAQ-gelistetes Unternehmen, das Krebstherapien entwickelt.

Als zweiter Schwerpunkt der medizinischen BT sind neben der Entwicklung von Biosimilars und neuer Medikamente im 13. Fünfjahresplan (2016–20) auch biomedizinische Verfahrenstechniken zur Realisierung von Innovationen bei Implantatprodukten. Hier liegt der Fokus auf Biomaterialien (vor allem Nanomaterialien), Bioprinter und regenerativer Medizin. Stärken sieht die chinesische Regierung aber insbesondere in einem dritten Schwerpunkt – der Entwicklung der Präzisionsmedizin und der Verbindung von medizinischer BT und Digitalisierung. Durch die Nutzung von genetischen Informationen zusammen mit Informationen aus der Umwelt und über das Verhalten von Patienten sollen personalisierte Lösungen für die Diagnose und Behandlung von Krankheiten entwickelt werden. Für China sind der effiziente Einsatz von Medikamenten und das damit verbundene Einsparpotenzial aufgrund der hohen Bevölkerungszahl und des schnell wachsenden Anteils älterer Menschen von großer Bedeutung. Nach Einschätzung ausländischer Experten könnte China bei personalisierter Medizin eine globale Spitzenposition einnehmen, da dort neue Formen der Datenanalyse über (Super)Computer zur Anwendung kommen, die die große Menge an Gesundheitsdaten verarbeiten können, die in China mit aktiver staatlicher Unterstützung gesammelt werden. So ist das Beijing Genome Institute (BGI, ursprünglich in Beijing gegründete, aber mit dem Hauptsitz heute in Shenzhen) das weltweit größte Institut für Gensequenzierung und hat die größte Gen-Datenbank. Ein anderes Beispiel ist das im Jahr 2015 gegründete Unternehmen iCarbonX, das Daten zur Genetik, Umwelt und dem Verhalten

von Millionen Patienten sammelt und mit künstlicher Intelligenz auswertet.

Neue molekularbiologische Methoden wie Crispr/Cas9 werden in Chinas Plänen explizit als strategische Technologien benannt. Der vorschnellen Anwendung der Verfahren in der Medizin musste inzwischen jedoch ein Riegel vorgeschoben werden. So wurde ein Forscherteam um den Wissenschaftler He Jiankui, das im Jahr 2018 durch den Einsatz der Genschere Crispr/Cas9 das Erbgut von Zwillingen verändert hatte, Ende 2019 nach starker nationaler und internationaler Kritik zu Haft- und Geldstrafen verurteilt. Den Wissenschaftlern wurde vorgeworfen, dass sie „absichtlich gegen die einschlägigen nationalen Vorschriften für wissenschaftliche Forschung verstoßen“ haben (Zeit Online 30.12.2019).

### Indien

Indien gilt als der wichtigste Anbieter kostengünstiger Impfstoffe und rekombinanter Hepatitis B-Impfstoffe sowie größter Hersteller von Biotechnologiebaumwolle. An zweiter Stelle rangiert das Land dem Bericht „India Surging Ahead 2019“ zufolge bei der Anzahl der Hersteller, die von der US-Behörde USFDA (US Food & Drug Administration) außerhalb der USA zertifiziert wurden. Diese Behörde zertifizierte auch 523 Einrichtungen für die Herstellung von Medikamenten. Als weitere Erfolge gelten die Gründung von 30 Bio-Inkubatoren und Bioparks sowie die Steigerung der Reputation des Landes in der Durchführung klinischer Studien auch für ausländische Arzneimittelhersteller.<sup>174</sup>

Vor dem Hintergrund der Corona-Krise hat die indische Regierung Mitte April 2020 eine Koordinationsgruppe zur Entwicklung von geeigneten Impfstoffen und zur Abstimmung der Zusammenarbeit im Inland und mit dem Ausland gegründet. Die Koordinationsgruppe ist dem Department for Biotechnology (DBT) unterstellt und setzt sich aus Vertretern verschiedener Ministerien und des Planungs- und Beratungsgremiums National Institution for Transforming India (NITI Aayog) zusammen. Zunächst ist eine Auflistung aller in- und ausländischen Organisationen geplant, die an Impfstoffen forschen und die sich als Kooperationspartner anbieten. Zu den indischen Unternehmen, die an dem Corona Impfstoff arbeiten, zählen das Serum Institute, Zydus Cadila, Bharat Biotech und

174 Ministry of External Affairs, Government of India (2019): India Surging Ahead 2019.

Biological E.<sup>175</sup> Ende April 2020 kündigte das Serum Institute als der größte Impfstoffhersteller an, dass es eine Zusammenarbeit mit der Oxford Universität plant, die ihren Corona-Impfstoff bereits in klinischen Studien testen.<sup>176</sup>

In der medizinischen Biotechnologie setzt Indien vor allem auf die Erforschung neuer Medikamente und damit verbundener klinischer Studien sowie auf die Herstellung von Biosimilars. Kostengünstige Medikamente spielen auch künftig eine große Rolle, da bestimmte Ansteckungskrankheiten nach wie in großer Zahl in Indien zu finden sind. So weist beispielsweise NITI Aayong in seinen Vorschlägen zur Entwicklung Indiens im Fünfjahreszeitraum 2018–22 darauf hin, dass das Land 18% der Weltbevölkerung aufweist, aber dass 35% aller Tuberkuloseerkrankungen und 26% aller sonstigen Ansteckungskrankheiten in Indien auftreten. Vor diesem Hintergrund fordert NITI Aayong u. a. eine Stärkung der Gesundheitsforschung, die Selektion von mindestens 20 Bildungs- oder Forschungsinstitutionen auf regionaler Ebene, die mindestens 500 Ärzte pro Jahr ausbilden und ein landesweites Netzwerk von Laboratorien für die Virusforschung und Diagnostik aufbauen können.<sup>177</sup>

Neben dem pharmazeutischen Fokus setzt das Land zudem auf biomedizinische Geräte und Biomaterialien. So hat das indische Department of Science & Technology (DST) das Biomedical Device and Technology Development Program (BDTD) aufgelegt, über das zuletzt 17 neue Projekte zu biomedizinischen Geräten gefördert wurden. Zudem wurde ein Technical Research Center im Chitra Tirunal Institute for Medical Sciences and Technology (SCTIMST) speziell zur Förderung der Spitzenforschung in diesem Bereich gegründet.<sup>178</sup>

## Japan

Zu den Schwerpunkten in der medizinischen Biotechnologie zählt die Forschung zu Demenz, Krebs und Infektionskrankheiten, klinische Forschung und regenerative Medizin. Aufgrund der stark alternenden Gesellschaft strebt Japan eine weltweite Vorreiterrolle im Bereich der personalisierten Medizin an und setzt Schwerpunkte in der Forschung u. a. in der Genommedizin und beim Ausbau von Biobanken sowie pharmazeutischen Produkten und medizinischen Geräten. Da Krebserkrankungen mit 28% aller Todesfälle die häufigste Todesursache in Japan sind<sup>179</sup>, wird auf datenbasierte Forschung große Hoffnung gesetzt. Japans National Cancer Center verwendet bereits für seine Genom-Screening-Projekte Big Data, um klinische Anwendungen zur Krebsbekämpfung zu finden. Das Krebsforschungszentrum arbeitet in seinem MASTER KEY-Projekt, eine Zusammenarbeit zwischen dem privaten Sektor und der Wissenschaft, an der Optimierung der Genommedizin für seltene Krebskrankheiten. Auch das 1998 gegründete RIKEN (Institute of Physical and Chemical Research) ist mit seinem Center for Integrative Medical Sciences (IMS) auf diesem Gebiet stark vertreten.<sup>180</sup> Darüber hinaus wurden an verschiedenen japanischen Universitäten Genomforschungszentren, wie z. B. am Institute of Medical Science der University of Tokyo (IMSUT)<sup>181</sup>, eingerichtet. Außerdem unterhält das National Institute of Genetics (NIG), als Mitglied der International DNA Data Bank, die DNA Data Bank of Japan (DDBJ), die der Sammlung und Bereitstellung von Informationen zu Basensequenzen dient.<sup>182</sup> Die Japan Science and Technology Corporation (JST) hat eine Datenbank der einzelnen Nucleotid-Polymorphismen (Single Nucleotide Polymorphisms (SNP)) entwickelt.<sup>183</sup> Bereits 2003 wurde das Bio Bank Japan-Projekt mit dem Ziel gestartet, durch den Aufbau einer großen, patientenbasierten Biobank den Nachweis für personalisierte Medizin

175 "India sets up high-level task force to develop vaccine for coronavirus; to co-ordinate with global researchers"; Business Today, 20.4.2020. online: <https://www.businesstoday.in/sectors/pharma/india-sets-up-high-level-task-force-to-develop-vaccine-for-coronavirus-to-co-ordinate-with-global-researchers/story/401424.html>

176 "India's Serum Institute to Make Millions of Potential Coronavirus Vaccine Doses, New York Times, 28.4.2020, online: <https://www.nytimes.com/reuters/2020/04/28/world/europe/28reuters-health-coronavirus-india-vaccine.html>

177 NITI Aayong (2018) Strategy for New India@75. S. 129–145. Online: [https://niti.gov.in/sites/default/files/2019-1/Strategy\\_for\\_New\\_India\\_2.pdf](https://niti.gov.in/sites/default/files/2019-1/Strategy_for_New_India_2.pdf)

178 DST Annual Report 2018–19, Online: [https://dst.gov.in/sites/default/files/DST%20Annual%20Report%202018-19\\_English\\_F.pdf](https://dst.gov.in/sites/default/files/DST%20Annual%20Report%202018-19_English_F.pdf)

179 O.V. (2018), "Cancer Remains Leading Cause of death in Japan", online: <https://www.nippon.com/en/features/h00211/cancer-remains-leading-cause-of-death-in-japan.html>

180 Siehe <https://www.riken.jp/en/research/labs/ims/>

181 <http://www.ims.u-tokyo.ac.jp/imsut/en/>

182 Siehe <https://www.nig.ac.jp/nig/>

183 <http://snp.ims.u-tokyo.ac.jp/>

zu erbringen; 2011 wurde die Tohoku Medical Mega Bank gestartet.<sup>184</sup>

In den letzten Jahren hat in Japan die Krebsforschung – insbesondere basierend auf der Immuntherapie – einen deutlichen Schub erhalten. Die Verleihung des Nobelpreises in Medizin 2018 an den Immunologen Tasuku Honjo (Kyoto University), gemeinsam mit dem US-Amerikaner James P. Allison, ist Ausdruck dafür. Allison hat ein Protein identifiziert, das die Immunreaktion gegen Krebszellen bremst, und entwickelte eine Antikörpertherapie, die diese Bremse löst. Honjo entdeckte eine zweite Immunbremse mit unterschiedlichem Mechanismus und entwickelte ebenfalls eine Immuntherapie. Basierend auf den Erkenntnissen von Honjo und seinem Team hat die Immuntherapie gegen Krebs in den letzten Jahren große Fortschritte in Japan gemacht. Die japanische Regierung sowie Pharmakonzerne investieren stark in diesem Bereich.

Als neue Entwicklung in der medizinischen Biotechnologie gilt die Züchtung von menschlichen Organen in Chimären. Die japanische Regierung legte Mitte 2019 neue Bestimmungen fest, durch die menschliche Stammzellen in Maus- und Rattenembryos eingesetzt und in der Gebärmutter entsprechender Leihmuttertiere bis zur Geburt heranwachsen könnten. Wie genau die Forschung staatlich reguliert wird, soll ein Expertengremium des Wissenschaftsministeriums MEXT entscheiden.<sup>185</sup>

Auch die regenerative Medizin spielt in Japan eine wichtige Rolle. Seit Shin`ya Yamanaka (Kyoto University) im Jahr 2012 für seine Leistungen bei der Erforschung induzierter pluripotenter Stammzellen (iPS-Zellen) den Nobelpreis für Physiologie oder Medizin erhalten hat, haben regenerative Medizin und angewandte Forschung in diesem Bereich große Fortschritte gemacht. Zudem hat die Kyoto University Patentlizenzen an Unternehmen weltweit vergeben (unentgeltlich im Fall von gemeinnützigen Organisationen, die iPS-Zellen für akademische Forschungszwecke verwenden), um so der Forschung auf diesem Gebiet weiteren Vorschub zu leisten. Das Gesetz zur Sicherheit auf dem Gebiet der regenerativen Medi-

zin („Act on the Safety of Regenerative Medicine“) enthält Bestimmungen zur Förderung umfassender Maßnahmen von FuE bis hin zur Vermarktung sowie Vorschriften zur Gewährleistung der Sicherheit der regenerativen Medizin. Parallel dazu hat die Branche mit staatlicher Unterstützung einen Industrieverband geschaffen: das „Forum for Innovative Regenerative Medicine“ (FIRM), dem etwa 200 japanische und ausländische Unternehmen angehören. FIRM hat die „Regenerative Medicine Industrialization Task Force“ ins Leben gerufen, die wiederum eine Anlaufstelle für ausländische Unternehmen eingerichtet hat, um beim Aufbau von Partnerschaften mit japanischen Firmen zu unterstützen.

Die Infektionsforschung nimmt in Japan ebenfalls einen hohen Stellenwert ein. 2016 wurde der japanische Wissenschaftler Yoshinori Ohsumi für seine Entdeckungen auf dem Gebiet der Autophagie mit dem Nobelpreis ausgezeichnet. Bereits vor über 10 Jahren wurde die „Japan Initiative for the Global Research Network on Infectious Diseases“ (J-GRID) ins Leben gerufen, die staatlich gefördert wird – zunächst durch das Ministry of Health, Labor and Welfare, seit 2015 durch AMED (Japan Agency for Medical Research and Development). An dem Projekt sind Universitäten und Forschungseinrichtungen weltweit beteiligt, das „Center of the Research Network for Infectious Diseases (CRNID)“ wurde am RIKEN eingerichtet. Auf dem Gebiet der Infektionskrankheiten legt AMED gegenwärtig Förderschwerpunkte auf vier Themen: Influenza, Dengue-Fieber, arzneimittelresistente Bakterien und Durchfallerkrankungen. Weitere Themen sind Tuberkulose, HIV, akute kindliche Pneumonie und Chikun-Gunya-Fieber.

Als Reaktion auf die Corona-Pandemie kündigte AMED Ende März 2020 die Förderung verschiedener FuE-Projekte an. Gefördert wird die Corona-Forschung als Teil der Infektionsforschung, die Entwicklung von Testverfahren als Teil der Forschung zu medizinischen Geräten sowie die Kooperation zwischen AMED und der JPMA (Japan Pharmaceutical Manufacturers Association) bei der Entwicklung von Medikamenten.<sup>186</sup> Da die Zulassungsanforderungen bei neuen Impfstoffen in Japan besonders hoch

<sup>184</sup> Siehe <https://www.megabank.tohoku.ac.jp/english/>

<sup>185</sup> Karlberg, Sascha (2019): Japan erlaubt Chimären-Experimente für Organzucht, Tagesspiegel, 31.7.

<sup>186</sup> Siehe dazu die Ankündigung auf der AMED-Webseite: <https://www.amed.go.jp/en/news/topics/covid-19.html>

sind, drängen Kritiker auf eine Lockerung der Restriktionen. Klinische Studien dauerten mehr als neun Monate und müssten auf lokal, nicht global erhobenen Daten basieren. Während in den USA, China und Großbritannien bereits klinische Studien durchgeführt würden, gebe es in Japan mit AnGesMG und Fujifilm Holdings nur zwei Unternehmen, die zum Corona-Impfstoff forschten.<sup>187</sup>

### Südkorea

Die Regierung fördert aktiv die Entwicklung der medizinischen Biotechnologie; im Jahr 2019 entfiel ein Anteil von 21% aller staatlichen Investitionen in der Biotechnologie auf die medizinische Biotechnologie. Im Mai 2019 kündigte die Regierung eine neue Bio Health-Strategie an, in deren Mittelpunkt die Idee steht, dass Menschen nicht nur ein langes, sondern vor allem auch ein gesundes Leben haben sollten. Der Kooperation mit ausländischen Unternehmen in den Bereichen FuE, klinische Studien und digitale Gesundheit wird ein wichtiger Stellenwert eingeräumt. Gleichzeitig will die Regierung die einheimische Industrie in die Lage versetzen, eine führende Position im globalen Bio Health-Markt einzunehmen. Dadurch sollen anspruchsvolle FuE-Arbeitsplätze in verschiedenen Bereichen der Lebenswissenschaften geschaffen werden, vor allem in der klinischen Medizin und Pharmakologie. Bis zum Jahr 2030 soll Koreas Anteil am globalen Markt für Pharmazeutika und medizinische Geräte von aktuell 1,8% auf 6% steigen; geplant ist eine Erhöhung der entsprechenden Ausfuhren auf 50 Mrd. USD. Der Bio Health-Sektor würde dann zu den fünf wichtigsten Exportindustrien Südkoreas zählen. Um diese Ziele zu erreichen, sollen die Rahmenbedingungen für koreanische Unternehmen verbessert werden. Neben finanzieller Unterstützung in Form von Steuererleichterungen, günstiger Kredite für jene, die ihre FuE ausbauen wollen, sowie die staatliche Finanzierung technischer Infrastruktur, geht es dabei auch um Erleichterungen bei Firmengenehmigungen und -lizenzen. Ein wichtiger Aspekt der Strategie ist es, die Stärke des Landes im IT-Sektor für die Entwicklung innovativer Medikamente einzu-

setzen. Dafür sollen fünf Big Data-Plattformen aufgebaut werden, die Patienteninformation sammeln und bisher unentdeckte genetisch bedingte Krankheiten entdecken können.

Südkoreas Wissenschaftler sind zwar auch an der Erforschung von Gentherapien interessiert, jedoch bestehen hier rechtliche Beschränkungen. Dies betrifft vor allem die Forschung zu menschlichen Embryonen, wie dies im Rahmen neuer Genom-Editierungs-Verfahren wie CRISPR/Cas9 bereits möglich ist.<sup>188</sup> So werden neue Gen- und Zelltherapieprodukte gemäß des Pharmaceutical Affairs Act nur auf Basis von Fall-zu-Fall-Entscheidungen zugelassen. Allerdings wurde bereits seit längerem über eine Lockerung der Beschränkungen diskutiert und eine Aufhebung gefordert. Im Dezember 2018 stimmte das National Bioethics Committee, das höchste Entscheidungsorgan für Bioethik in Korea, der Forderung zu, Gentherapieforschung bei seltenen und bisher nicht heilbaren Krankheiten zuzulassen. Sollte das Parlament der Gesetzesänderung zustimmen, wären auch südkoreanische Wissenschaftler in der Lage, Genom-Editierungs-Verfahren durchzuführen. Allerdings wird in der revidierten Gesetzesvorlage gefordert, dass Wissenschaftler stärker ethische Verantwortung übernehmen müssen und dass eine Institution für Anträge, Prüfung und Überwachung zuständig sein wird (Seo und Kim 2019).

Als Reaktion auf die Corona-Pandemie kündigte die südkoreanische Regierung Mitte April 2020 ebenfalls an, eine Koordinationsgruppe für die behördenübergreifende Zusammenarbeit und Mitwirkung ziviler Experten bei der Entwicklung von Impfstoffen und Medikamenten zu gründen.<sup>189</sup> Nach Angaben der Korea Pharmaceutical and Bio-pharma Manufacturers Association (KPBMA), sind 15 biotech und Pharmaunternehmen in die Corona-Forschung involviert, fünf Unternehmen (GC Pharma, SK Bioscience, Boryung Biopharma, Sumagen, and G+Flas Life Sciences) fokussieren ihre Forschung auf Impfstoffen.<sup>190</sup>

**187** Carrigan, Philip (2020): Japan must bend its strict rules to speed up coronavirus vaccine. Nikkei Asian Review, 13.4.2020. Online: <https://asia.nikkei.com/Opinion/Japan-must-bend-its-strict-rules-to-speed-up-coronavirus-vaccine>

**188** Zastrow, Mark (2016): South Korea's Nobel dream, in: Nature, vol. 534, S. 20–23.

**189** S.Korea to launch Covid-19 vaccine development work force, Yonhap News Agency, 12.4. 2020. Online: <https://en.yna.co.kr/view/AEN20200412003100315>

**190** „Korean drugmakers step up developing Covid-19 vaccine, treatments. Korean Medical Review, 9.3.2020. Online: <http://www.koreabiomed.com/news/articleView.html?idxno=7650>

## Zusammenfassung und Schlussfolgerungen (Lebenswissenschaften)

### Übergreifende Erkenntnisse

- **China, Korea und die ASEAN-Staaten** konnten ihren **wissenschaftlichen Output** in den vergangenen Jahren **deutlich überdurchschnittlich steigern**, jener Japans dagegen stagnierte. Auch in der EU und den USA stieg die Aktivität nur unterdurchschnittlich an.
- **Deutschland liegt auf Platz vier der Einzelstaaten**, mit einem v. a. durch den Aufstieg Chinas auf 6,5% merklich gesunkenen Anteil an allen weltweiten Publikationen (im Vergleich Anteil Deutschlands im Jahr 2006 noch 7,6%).
- Relativ zur Bevölkerungszahl hat das Thema auch in (ökonomisch) kleineren APRA-Ländern wie Australien, Singapur, Kanada und Neuseeland eine hohe Relevanz.
- **Die akademische Relevanz ist am höchsten in etablierten Wissenschaftsnationen** wie Frankreich, den USA, Großbritannien und Singapur. Deutschland belegt mit Blick auf die absoluten Publikationszahlen Rang sechs.
- **Technologisch dominieren weiterhin klar die USA** mit einem globalen Anteil von über 35% aller Patentanmeldungen. Parallel zu krisenbedingten Rückgängen im Westen haben allerdings Akteure aus China, Korea und selbst Japan ihre Aktivitäten deutlich gesteigert.
- **In Deutschland zeichnet sich auch nach 2012 keine Trendwende** hin zu einem erneuten Anstieg der Aktivitäten ab. Daher liegt Deutschland mit Blick auf Patentanmeldungen nun hinter China auf Platz vier.
- Die Patentzahlen pro Einwohner liegen v. a. in Dänemark, aber auch den USA, Korea, Japan, Singapur sowie nach wie vor in Deutschland über dem Durchschnitt.
- In allen größeren Märkten liegt darüber hinaus die Anzahl der **Ko-Patentanmeldungen** ohne größere Abweichungen **zwischen etwas über 20 und ca. 35%**

### Länderspezifische Erkenntnisse

- **China** hat Ambitionen, neue biopharmazeutische Produkte wie therapeutische Impfstoffe und neue Antikörper-Therapien zu entwickeln. Das gelingt vereinzelt, doch schwerpunktmäßig wird die Aufholung des Rückstands bei existierenden Biopharmazeutika und die Auf-

wertung dieser Medikamente zu anerkannten Biosimilars liegen. Bisher basieren maßgebliche Durchbrüche bei neuen Therapien auf Forschungsergebnissen aus den USA. China hat gute Chancen, sich durch den Einsatz digitaler Technologien bei der Auswertung von großen Gesundheits-Datenmengen in der Präzisionsmedizin international zu positionieren.

- **Indien** hat starke Kompetenzen in der Entwicklung kostengünstiger Impfstoffe aufgebaut und rangiert auf Platz zwei bei der Zertifizierung von Medikamenten durch die US-Behörde. Indien ist gut aufgestellt, um in dem Markt für Biosimilars eine wichtige Rolle zu spielen.
- **In Japan** zeigt die Verleihung des Medizin-Nobelpreises 2018 für die Entwicklung von AntiPD-1-Antikörpern zur Krebstherapie an Prof. Tasuku Honjo (Kyoto Universität) die Bedeutung des Landes in der medizinischen Grundlagenforschung. Weitere Schwerpunkte der medizinischen Biotechnologie sind die Forschung zu Demenz und Infektionskrankheiten, klinische Forschung und regenerative Medizin
- In der biomedizinischen Forschung konzentriert sich **Südkorea** auf die Entwicklung des Bio-Health-Markts mit Fokus auf klinische Medizin und Pharmakologie. Ähnlich wie Japan und China setzt Südkorea auf „Big Data“-Plattformen, um über digitale Technologien die Entwicklung innovativer Medikamente zu beschleunigen
- Spezifische Erkenntnisse zu Unterthemen: medizinische Biotechnologie
- Die EU führt mit ca. 25% aller Publikationen, **China hat seit 2017 den USA den zweiten Rang als wissenschaftlich aktivste Einzelnation abgelaufen**, auf Rang drei folgt Indien. Während die Publikationszahlen in Japan stagnierten und in EU und USA moderat anstiegen, wuchsen sie in der ASEAN um Faktor 6 und in China um nahezu Faktor 5.
- **Hinsichtlich der Zitaträte liegen die USA vorn, gefolgt von Singapur** sowie westlichen Wissenschaftsnationen mittlerer Größe. Zudem erzielt v. a. Taiwan hohe Werte. **China hat bereits Anfang der 2010er Jahre Japan und Korea überholt.**

- **Stärker noch als in den Lebenswissenschaften insgesamt dominieren technologisch die USA** mit über 45% aller Anmeldungen, gefolgt von der Europäischen Union.
- Allerdings hat sich das **westliche Patentaufkommen noch nicht von einem fast 40%igen Einbruch zwischen 2006–12 erholt**, von dem im Saldo 10–20%ige Rückgänge zurückbleiben. Währenddessen erhöhten sich Aktivitäten in China und Korea um Faktor 4 bis 5.
- **China hat mit dem stagnierenden Japan aufgeschlossen und auch alle europäischen Staaten bereits deutlich überholt.** Während in Deutschland 2012 noch fast doppelt so viele Patente angemeldet wurden wie in China, hat sich dieses Verhältnis inzwischen fast umgekehrt.
- Der **Anteil der Ko-Patente liegt zwischen ca. 20% und ca. 40% leicht über dem Mittelwert der Lebenswissenschaften.** Großbritannien, Indien, Deutschland und Frankreich erzielen hohe Werte, China, die USA, Japan und Korea dagegen (teils sehr) niedrige.

#### Spezifische Erkenntnisse zu Unterthemen: Biomaterialien

- **China ist im Bereich Biomaterialien größter wissenschaftlicher Akteur** vor den USA und der EU geworden, was vor allem durch überdurchschnittliche Wachstumsraten beim Output von Publikationen begründet ist, die in Europa und den USA keine Entsprechung finden.
- Aufgrund der allgemeinen Neuheit des Themas verzeichneten jedoch fast alle Akteure, außer Japan, mindestens eine Verdopplung der Publikationszahlen.
- Bei der **Publikationsintensität, also der Anzahl der Publikationen pro Million Einwohner, sticht Singapur hervor, gefolgt von Australien, Korea, Dänemark und Großbritannien.**
- Ein Blick auf die akademische Relevanz zeigt, dass **Veröffentlichungen aus Singapur bei Biomaterialien am stärksten zitiert werden, gefolgt von jenen aus China, Korea, Taiwan und den USA.**
- Bei den **Patentanteilen liegt die Europäische Union nahezu gleichauf mit den USA, gefolgt von Japan, Deutschland und China.** Hierbei ist bemerkenswert, dass die absolute Zahl der Patentanmeldungen in diesem jungen Feld in den USA und in Europa merklich zurückgegangen ist, während sie in nahezu allen asiatischen Ländern weiter anstieg.
- Hinsichtlich der **Patentintensität wird das Feld von Deutschland, Dänemark und Japan angeführt**, gefolgt von Singapur und den USA. Der Anteil der Ko-Patente ist auf den großen Märkten der USA und Chinas vergleichsweise niedrig, während er in Indien, Taiwan und Großbritannien mit 30 bis 40% deutlich höher ausfällt.

#### Schlussfolgerungen für Politik und Wissenschaft

- Deutschland und die Europäische Union bleiben wissenschaftlich gut positioniert. Um diese Position zu erhalten, kommt es vor allem auf den **Erhalt des (teils) noch gegebenen wissenschaftlichen Qualitätsvorsprungs** vor aufstrebenden APRA-Ländern an.
- Der erhebliche Ausbau wissenschaftlicher Kapazitäten besonders in China und Korea führt zu **neuen, in Teilen noch unerschlossenen Kooperationspotenzialen auf qualitativ kontinuierlich steigendem Niveau.**
- Krisenbedingte, oft absolute Rückgänge im Patentaufkommen haben die technologische Position westlicher Nationen gegenüber den APRA-Ländern geschwächt.
- **Indien weist in den Lebenswissenschaften ein hohes Kooperationspotenzial auf**, verfügt aber bislang noch nicht über annähernd vergleichbare technologische Kompetenzen, sodass das Land zurzeit eher als Partner, denn als potenzieller Wettbewerber einzuordnen ist.
- **Auch kleinere APRA-Märkte wie Singapur, Australien und Neuseeland sind aufgrund hoher Patentintensität und hoher Kooperationsneigung potenziell technologische Kooperationspartner**, in geringerem Umfang auch Taiwan, Malaysia, und Thailand.
- **In den Zukunftsthemen medizinische Biotechnologien und Biomaterialien hat sich die akademische Relevanz Chinas und Indiens noch merklicher gesteigert** als insgesamt. **Darüber hinaus ist in diesen Bereichen das Patentaufkommen westlicher Staaten rückläufig.** Deutschland sollte darauf hinwirken, seine internationale Position zu halten.

- In **China** existiert ein Potenzial für Kooperationen v. a. auf dem Gebiet Big Data in der Medizin, insbesondere in der Krebsforschung, das intensiv genutzt werden könnte. Ein Schritt in diese Richtung war das im Juni 2019 durchgeführte Symposium zwischen dem Deutschen Krebsforschungszentrum und der Tianjin Medical University, Cancer Institute and Hospital. Die Frage der Nutzung von Patientendaten in der Kooperation mit China ist unter den verschiedenen rechtlichen Rahmenbedingungen zu klären und abzuwägen. Mit der Verurteilung des Forschungsteams um He Jiankui hat die chinesische Regierung allerdings klargestellt, dass Forschungen an Embryonen mit Veränderung des Erbguts auch in China untersagt sind. Diese Entscheidung zeigt, dass China sich an internationalen Leitlinien der Bioethik orientiert.
- **Indien** bietet nicht zuletzt für die Durchführung klinischer Studien relativ gute Rahmenbedingungen für ausländische Arzneimittelhersteller; die mit den 2016 angepassten Ethikleitlinien für die „biomedizinische und die Gesundheitsforschung am Menschen“ noch weitergehender an internationalen Richtlinien angepasst wurden. Das Land bietet über die Kooperation in der Anwendung der Künstlichen Intelligenz im Gesundheitswesen den Zugang deutscher Wissenschaftler zu großen Datenmengen, die zur Forschung genutzt werden können. In der gemeinsamen Erklärung anlässlich der 5. Deutsch-Indischen Regierungskonsultationen vom 1.11.2019 wird auf diese Chance hingewiesen.
- **Japan** ist bereits ein wichtiger Partner Deutschlands in der Entwicklung biomedizinischer Innovationen. Prominente Beispiele sind das Cluster Life Science Nord in Hamburg und InnoMuNiCH (steht für „Innovations through Munich-Nippon Cooperations in Healthcare“). Im Rahmen des Konzepts „Society 5.0“ (Digitalisierung zur Verbesserung der Lebensqualität) der japanischen Regierung sehen auch deutsche Unternehmen in Japan Geschäftschancen für medizinische Technologien.
- In **Südkorea** haben eine gut entwickelte Forschungsinfrastruktur, hohe FuE-Ausgaben und ein relativ verlässlicher Regulierungsrahmen das Land bereits in der Vergangen-

heit zu einem wichtigen Kooperationspartner gemacht. Dies betrifft sowohl die universitäre Kooperation als auch die Unternehmenskooperation. Aktuelles Beispiel ist die Zusammenarbeit von Boehringer Ingelheim mit Yuhan bei der Entwicklung von Medikamenten zur Behandlung der Fettleber.

## Themenkapitel 2: Materialwissenschaften

---

**Die Material- bzw. Werkstoffwissenschaft umfasst jenen Bereich der Wissenschaften, der sich mit der Herstellung von Materialien sowie mit deren Charakterisierung hinsichtlich Struktur und Eigenschaften befasst. Darüber hinaus beinhaltet sie Forschung zur ingenieurwissenschaftlichen Werkstoffentwicklung, zu Verarbeitungsverfahren und dem Verhalten spezifischer Materialien unter verschiedenen Anwendungsbedingungen. Hierbei befasst sie sich mit verschiedensten Materialklassen und Werkstoffentwicklungsketten, in jüngerer Vergangenheit dabei auch zunehmend mit neuen Werkstoffen wie Nanomaterialien.**

**Grundsätzlich lassen sich die Materialwissenschaften dabei, mit Blick auf den Forschungs- bzw. Entwicklungsgegenstand, in folgende Teilbereiche untergliedern: Metallische Werkstoffe (z. B. Eisen und Nichteisenmetalle), nichtmetallisch anorganische Werkstoffe (z. B. Glas, Keramik), Polymere: (z. B. Kunststoffe), Halbleiter (z. B. Silizium) sowie kohlenstoffbasierte Materialien (z. B. Graphen, Biomaterialien). Während die vormals dominierende, klassische Metallurgie zunehmend in den Hintergrund tritt, bleibt das Gesamtthemenfeld dennoch deutlich breiter als der an anderer Stelle häufig genannte Unterbereich der ‚Neuen Materialien‘, der typischerweise v. a. auf die beiden letztgenannten Bereiche fokussiert. Auch im Bereich der nichtmetallischen und polymerbasierten Werkstoffe finden allerdings noch immer wichtige Entwicklungen statt, die im Folgenden in die Betrachtung einbezogen werden.**

**Das folgende Kapitel beginnt mit einer übergreifenden Darstellung der Entwicklung der wissenschaftlichen und technologischen Aktivitäten im Bereich Materialwissenschaften der letzten zehn Jahre und ordnet auf diese Weise die Leistungsfähigkeit der APRA-Länder in den globalen Zusammenhang ein. Es folgt eine Auswertung zum Teilbereich Batterietechnologien sowie zu akademischen Kooperationen im Bereich Materialwissenschaften insgesamt. Das letzte Unterkapitel schließlich gibt einen detaillierten Einblick in die forschungs- und innovationspolitische Schwerpunktsetzung ausgewählter APRA-Länder im hier gegenständlichen Themenfeld.**

Im Themenfeld Materialwissenschaften veröffentlichen chinesische Autoren bereits seit 2006 mehr als US-amerikanische und seit spätestens 2012 auch mehr als alle europäischen Autoren. Im Jahr 2018 erreichte ihr Anteil an allen globalen Veröffentlichungen 39%, nahezu dreimal so viel wie jener der USA mit 13,9% und immerhin 50% über dem der EU-28 (24,3%). Zwar stiegen die absoluten Publikationszahlen auch in der Europäischen Union sowie den USA um ca. die Hälfte an, parallel jedoch verdreifachten sie sich in China ( $\times 3,17$ ) und Indien ( $\times 2,99$ ). Auch in Korea und den ASEAN-Staaten erhöhten sie sich um mehr als Faktor 2,5, einzig in Japan war eine Stagnation zu verzeichnen. Deutschland liegt auf Platz vier der Einzelstaaten, hinter China, den USA und Indien mit einem auf 5,7% gesunkenen Anteil an allen weltweiten Publikationen (2006: 7,5%). Hierauf folgen Japan und Korea, Großbritannien und Frankreich erreichen die Ränge sieben und acht, knapp vor der sich dynamisch entwickelnden Gruppe der ASEAN-

Staaten, wo in jedem der einzelnen Staaten über die Jahre hinweg ein Wachstum zu beobachten ist. Insgesamt kam es so zu einer Schwerpunktverschiebung im Rahmen derer Staaten des APRA-Raums auf unterschiedlichen Ebenen etablierten Technologienationen den Rang abliefen.

Hinsichtlich der Publikationsintensität pro Millionen Einwohner liegt im Bereich Materialwissenschaften Singapur an der Spitze, um Faktor zwei vor Korea und Australien, die den zweiten und dritten Rang belegen. Es folgen Dänemark, Deutschland, Taiwan und Großbritannien sowie Kanada und Frankreich. China erzielt einen vergleichbar niedrigen Wert wie im Bereich der Lebenswissenschaften. Der Anteil der internationalen Ko-Publikationen an allen Publikationen liegt in der Mehrzahl der Länder bei überdurchschnittlichen 50–70% mit den höchsten Werten in Australien, Dänemark, Vietnam, Großbritannien und Singapur. Mit Japan, Thailand, Taiwan und Korea erreichen einige

APRA-Länder allerdings deutlich geringere Anteile. In China liegt sie lediglich bei ca. 20%. Mit Blick auf die mittlere Zitatrate führt Singapur das Feld deutlich an, vor den USA und Australien sowie in Folge vor Korea, China, Großbritannien, Taiwan, Frankreich und Deutschland, dessen Zitatrate seit ca. 2015 geringer ist als jene Chinas. Am geringsten ist die Zitatrate in Indien sowie den weiteren ASEAN-Staaten.

Mit Blick auf transnationale Patentanmeldungen bildet nach wie vor Japan mit aktuell 31,4% den zentralen Leitmarkt für Materialwissenschaften, eine Position, die das Land seit 2006 sogar leicht ausbauen konnte. Die Europäische Union verliert demgegenüber leicht (EU-28: 33,8–26,4%, EU-27: 30,1–24,0%), die USA deutlicher (31,7–20,2%). China und Korea haben durch eine Steigerung ihrer Anmeldungen um Faktor 7,6 bzw. 4,2 auf die Plätze vier und fünf aufgeschlossen, deutlich vor Frankreich und Großbritannien. Auch die ASEAN-Staaten konnten ihre Aktivitäten mehr als verdoppeln, bleiben allerdings absolut betrachtet von relativ geringer Bedeutung. Die Verdopplung der Aktivitäten in den ASEAN-Staaten ist jedoch hauptsächlich auf ein starkes Wachstum der Patentanmeldungen Singapurs zurückzuführen. Nach einem krisenbedingten Einbruch bleiben die Aktivitäten in den USA im Saldo rückläufig und stagnieren ca. 10% unter dem Niveau von 2006. Auch in Kanada und Großbritannien geht die Zahl der Anmeldungen fortlaufend zurück. Deutschland kann sich dabei auf Platz drei der Einzelstaaten behaupten, mit einem auf 11,3% gesunkenen Anteil an allen weltweiten Anmeldungen (2006: 14,4%). Bei fortgesetzten Wachstumstrends in Korea und China wird es jedoch recht bald auf den fünften Rang zurückfallen.

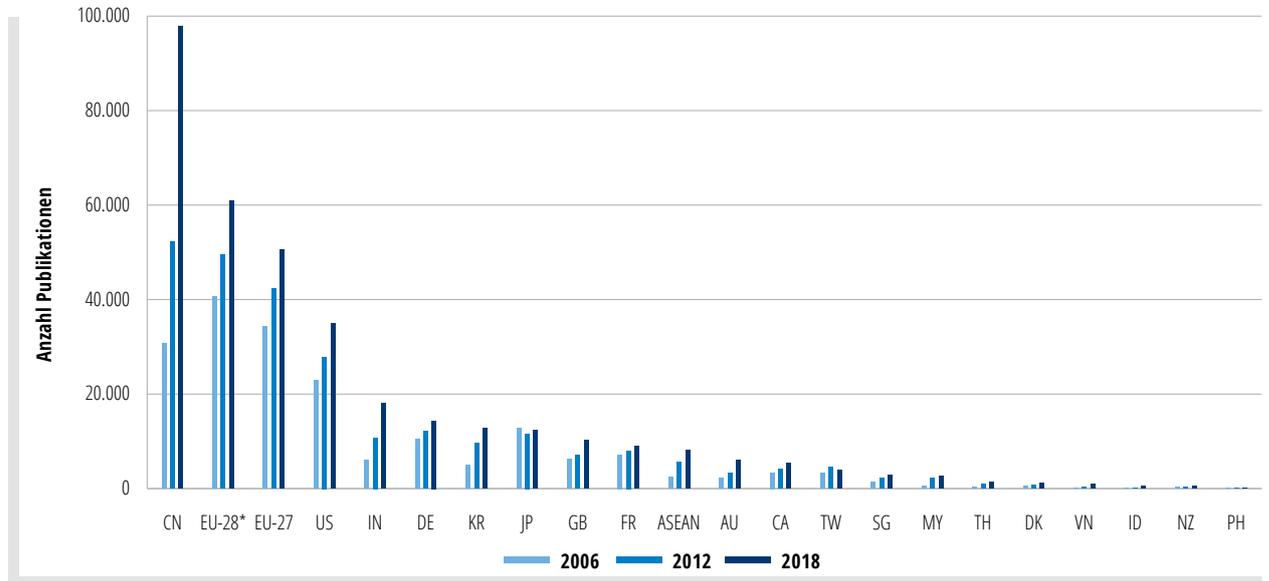
Die Anzahl der Patente pro Millionen Einwohner ist zurzeit am höchsten in Japan und Korea, Deutschland belegt einen starken dritten Rang vor Singapur, Dänemark, Frankreich und den USA. In den meisten anderen APRA-Staaten, aber auch z. B. in Großbritannien sind die Werte geringer, in vielen ASEAN-Staaten zu vernachlässigen. Der Anteil internationaler Ko-Patente im Gesamtaufkommen in Ländern mit signifikantem Patentaufkommen ist am höchsten in Taiwan, Indien, Malaysia, Kanada, Neuseeland, Großbritannien, Singapur und Thailand; in den meisten anderen westlichen Vergleichsländern demgegenüber geringer. In den großen Märkten der USA und Chinas sind die Anteile wie meistens geringer, in

Korea und Japan trotz Japans weltweit führender Position und erheblichen Patentintensitäten in beiden Ländern nach wie vor sehr gering.

Im Bereich der Materialwissenschaften stammen mittlerweile nicht nur die überwiegende Mehrzahl, sondern alle Top-10 publizierenden Institutionen in den APRA-Staaten aus China, angeführt von der Graduate School der Chinesischen Akademie der Wissenschaften sowie der Tsinghua University. Auch hinsichtlich der erhaltenen Zitationen finden sich unter den Top-10 fast ausschließlich Akteure aus China, inkl. solcher aus Hong Kong (China) (Tabelle 22). Allerdings spielen mit der Nanyang Technological University (Singapur) auf Rang zwei und der National University of Singapore auf Rang sieben nach wie vor auch nicht-chinesische Organisationen eine Rolle.

Hinsichtlich der Patentanmeldungen ist mit LG Chem ein koreanisches Unternehmen am aktivsten, weitere belegen die Ränge vier (POSCO) und sieben (Samsung SDI). Der Rest der Unternehmen stammt aus Japan, angeführt von Fujifilm und Panasonic auf den Rängen zwei und drei. Unter den öffentlichen Patentanmeldern führt die University of Tokyo vor A\*STAR aus Singapur, die Chinesische Akademie der Wissenschaften und die Seoul National University, womit alle für das Feld zentralen APRA-Länder vertreten sind. Es folgen Osaka University, Kyoto University und South China University of Technology, Institutionen aus englischsprachigen APRA-Ländern (Australien, Neuseeland) sind nicht vertreten.

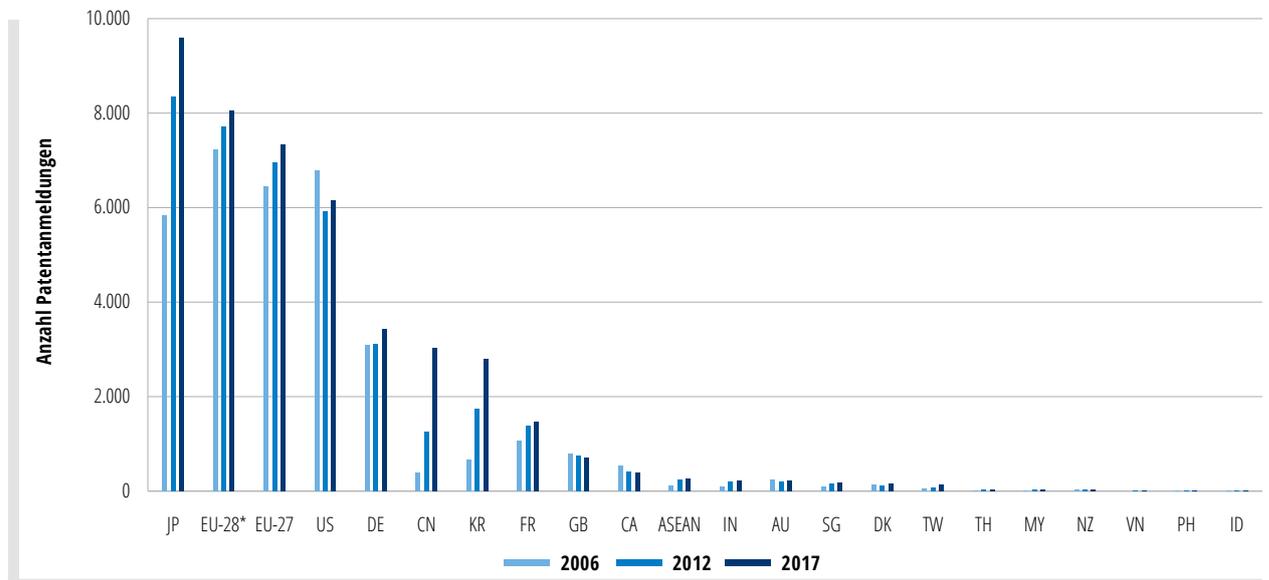
**ABBILDUNG 44: Publikationen (Scopus) im Bereich Materialwissenschaften**



HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien; Angaben zu und Berechnungen auf Basis von Publikationszahlen beruhen hier und im Folgenden grundsätzlich auf Vollzählungen (full count)

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

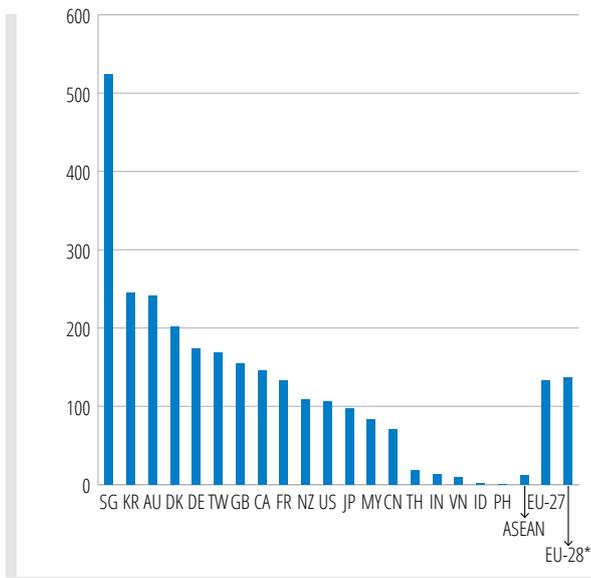
**ABBILDUNG 45: Patentanmeldungen (transnational) im Bereich Materialwissenschaften**



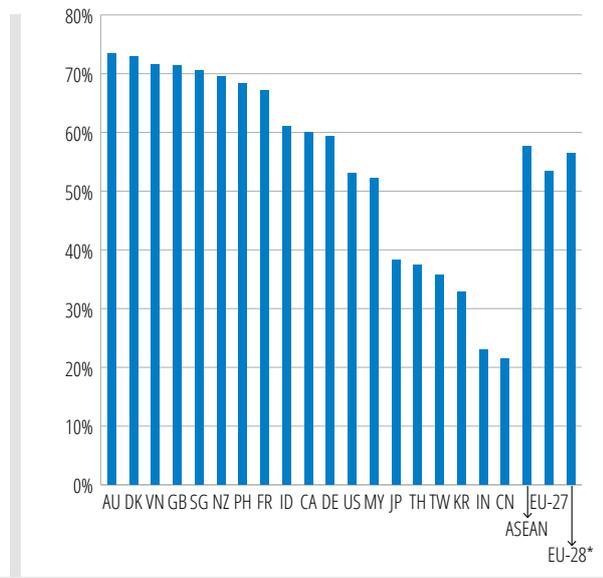
HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien; Angaben zu und Berechnungen auf Basis von Patentanmeldungsanzahlen beruhen hier und im Folgenden grundsätzlich auf Vollzählungen (full count)

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

**ABBILDUNG 46: Publikationen pro Mio. Einwohner (Scopus), 2018 im Bereich Materialwissenschaften**

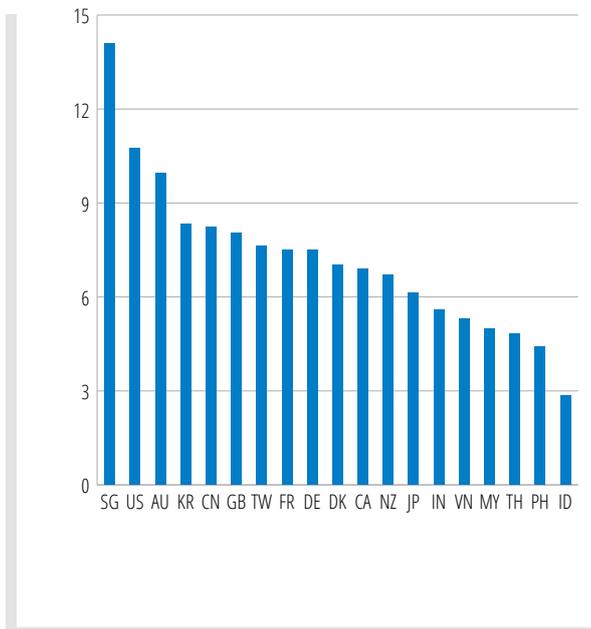


**ABBILDUNG 47: Anteil internationaler Ko-Publikationen (Scopus), 2018 im Bereich Materialwissenschaften**

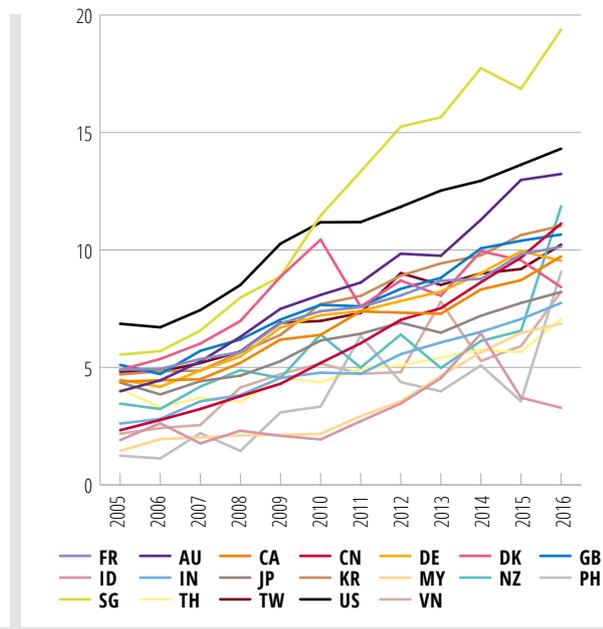


HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien  
 QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG 48: Mittlere Zittrate von Publikationen (Scopus), Mittel 2014–18 im Bereich Materialwissenschaften**

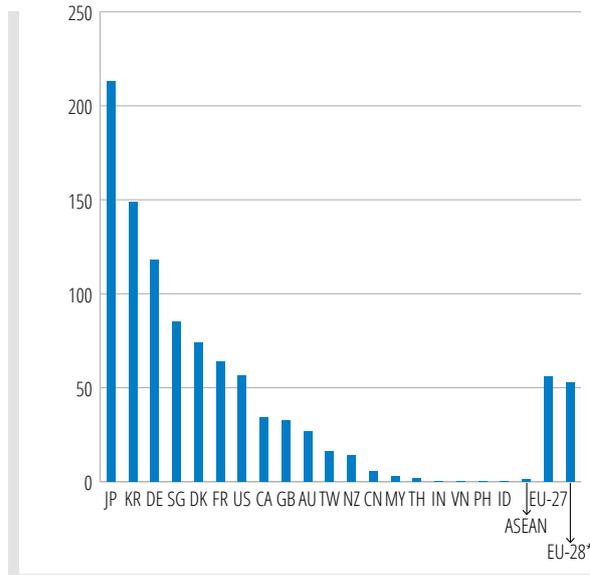


**ABBILDUNG 49: Entwicklung mittlere Zittrate (Scopus), 2005–16 im Bereich Materialwissenschaften**

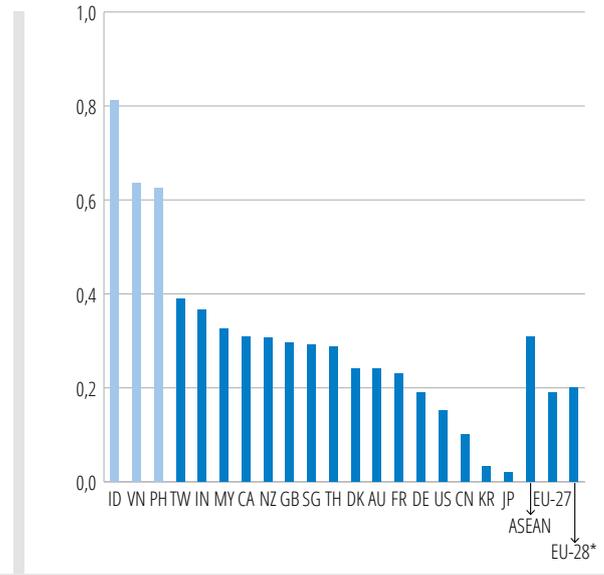


HINWEIS: Zitraten nur bis 2016 sinnvoll abbildbar, da Zitationen von 2017 und 2018 noch nicht hinreichend erfolgt sind  
 QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG 50: Patentanmeldungen pro Mio. Einwohner (transnat.), Summe 2015–17 im Bereich Materialwissenschaften**



**ABBILDUNG 51: Anteil int. Ko-Patentanmeldungen (transnat.), Mittel 2015–17 im Bereich Materialwissenschaften**



HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien, heller Hintergrund: insgesamt unter 20 Patente

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

**TABELLE 22: Liste der Top-10 publizierenden und patentierenden APRA-Akteure im Bereich Materialwissenschaften, Summe 2015–17**

PUBLIZIEREND: NACH ANZAHL DER PUBLIKATIONEN	PUBLIZIEREND: NACH ZITATIONEN
Chinese Academy of Sciences, Graduate School (CN)	CAS – Beijing Nat Lab for Molecular Sciences (CN)
Tsinghua University (CN)	Nanyang Technological University (SG)
Harbin Institute of Technology (CN)	Hong Kong University of Science & Technology (HK-CN)
Central South University (CN)	Fudan University (CN)
University of Science and Technology Beijing (CN)	CAS – Institute of Physics (CN)
Shanghai Jiaotong University (CN)	CAS – State Key Lab of Polymer Physics and Chemistry (CN)
South China University of Technology (CN)	National University of Singapore (SG)
Jilin University (CN)	Nankai University (CN)
Tianjin University (CN)	City University of Hong Kong (HK-CN)
Zhejiang University (CN)	Suzhou University (CN)
PATENTIEREND: UNTERNEHMEN	PATENTIEREND: ÖFFENTLICHE INSTITUTIONEN
LG Chem Ltd (KR)	University of Tokyo (JP)
Fujifilm (JP)	A*STAR (Agency for Science Technology & Research) (SG)
Panasonic Intellectual Property Management (JP)	Chinese Academy of Sciences (CN)
POSCO (Pohang Iron and Steel Company) (KR)	Seoul National University (KR)
Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation (JP)	Osaka University (JP)
JFE Steel Corporation (JP)	Kyoto University (JP)
Samsung SDI Company (KR)	South China University of Technology (CN)
Zeon Corporation (JP)	Korea University (KR)
Sumitomo Electric Industries (JP)	Tohoku University (JP)
Hitachi Chemical Company (JP)	KAIST (Korea Advanced Institute of S&T) (KR)

HINWEIS: Zitationsranking unter den Top-100 publikationsstärksten Institutionen

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus & EPO Worldwide Patent Statistical Database

## Teilbereich: Materialtechnologien für Batterien

**In der Batterieforschung wird aktuell an der Weiterentwicklung und Optimierung von der Material-/Komponentenentwicklung über die Zellproduktion bis zur Systemebene gearbeitet. Ein Fokus liegt dabei derzeit auf der Fertigung optimierter Lithium-Ionen-Technologie der Formate zylindrisch, prismatisch bzw. Pouch. Neben dem Ziel verbesserter Energiedichten sollen weitere Leistungsparameter wie Lebensdauer und Sicherheit beibehalten bzw. gewährleistet bleiben. Die Lithium-Ionen-Technologie bietet noch mindestens für die nächsten zehn Jahre Optimierungspotenziale durch veränderte Zellchemien raum- und gewichtsparende Innovationen von der Zelle bis zum System und der Anwendung. Darüber hinaus hat die Erforschung auf alternativen Materialien basierender Lösungen wie Metall-Schwefel, Natrium- oder Magnesium-Ionen-Batterien eine hohe Bedeutung, da diese Systeme in der Zukunft kostengünstige Alternativen besonders durch die bessere/unkritischere Rohstoffverfügbarkeit darstellen können. Solche alternativen Technologien werden allerdings vermutlich über Nischen- bzw. Spezial-Anwendungen in erste Märkte einsteigen müssen, um in Zukunft einmal die dominierende Lithium-Ionen-Technologie ersetzen zu können.**

Auch im Bereich Materialien für die Batterieforschung führen chinesische Autoren mit einem Anteil von hier 36,4% an allen weltweiten Veröffentlichungen die Rangliste an. Seit 2012 hat China die USA als größte einzelstaatliche Quelle von Publikationen abgelöst (aktuell: 18,4%), in den darauffolgenden Jahren wurde auch die Europäische Union (aktuell 25,5% (EU-28) bzw. 20,6% (EU-27)) klar überrundet. Durch den hohen Aktualitätsgrad des Themengebiets ist seit 2006 weltweit ein erheblicher, durchschnittlicher Anstieg von ca. Faktor 3,5 zu verzeichnen. Wissenschaftler der Europäischen Union und der USA konnten an diesem nicht vollständig partizipieren und erhöhten ihren Output um lediglich Faktor 2,6–2,8. Demgegenüber versiebenfachen chinesische und indische Forscher ihren Output, Korea erhöhte seinen um Faktor fünf und die ASEAN-Staaten ihren um Faktor sechs. Einzig Japan konnte seine Aktivitäten um lediglich 50% steigern. Wie bereits bei den Materialwissenschaften insgesamt zu sehen war, zeigt sich auch bei den Materialtechnologien für Batterien ein Wachstum über alle beobachteten ASEAN-Einzelstaaten hinweg. Wie im Bereich Materialwissenschaften lässt sich somit im Ergebnis auch eine Schwerpunktverschiebung festhalten, im Rahmen derer Staaten des APRA-Raums auf unterschiedlichen Ebenen etablierte Technologien ablösen. Deutschland bleibt damit im Feld der Einzelstaaten hinter China, den USA, Indien und Korea auf einem fünften Rang, mit einem auf 6,2% gesunkenen Anteil an allen weltweiten Publikationen (2006: 8,2%).

Im Hinblick auf Publikationen pro Millionen Einwohner ist Singapur erneut der bei um Faktor zwei über alle anderen Länder herausragende Akteur, gefolgt von Korea, Australien, Dänemark, Taiwan, Deutschland, Großbritannien und Kanada. In Japan und China sind die Werte deutlich geringer, in den meisten anderen ASEAN-Staaten zu vernachlässigen. Der Anteil der internationalen Ko-Publikationen liegt, wie im Feld Materialwissenschaften üblich, in zahlreichen Ländern über 50%. In den Philippinen, Dänemark und Vietnam werden aus unterschiedlichen Gründen nahezu 80% erreicht, in Indonesien, Australien, Großbritannien, Singapur und Frankreich über oder knapp unter 70%. Wenngleich Japan, Korea, China und Indien wie auch in anderen Feldern niedrigere Werte erreichen, ist somit festzuhalten, dass in diesem jungen Feld internationale Kooperationen eine wichtige Rolle spielen. Hinsichtlich der mittleren Zitatrate akademischer Publikationen lag 2016 noch Singapur vor den USA, Australien und China. Bei fortgesetztem Trend könnten Chinas aktuelle Publikationen allerdings bereits in wenigen Jahren, wenn sich Werte errechnen lassen, die bestzitierten sein. Deutschland liegt auf Rang sechs, hinter Korea.

Aus Perspektive der Patentaktivitäten ist es erneut Japan, das seine absoluten Anmeldezahlen zwar seit 2012 nicht mehr nennenswert steigern konnte, mit einem Anteil von 37,1% weltweit allerdings den globalen Markt nach wie vor klar dominiert. Den zweiten Rang teilen sich die Europäische Union bzw. Korea mit zwischen 18% und 20%, in ihrer Reihenfolge zzt. abhängig von der Berücksichtigung Großbritanniens.

Hierauf folgen die USA (12,5%), China (10,9%) und Deutschland (10,5%) in vergleichsweise geringem Abstand. Allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, dass China seine Anmeldungen im Zeitraum von 2006 bis 2017 mehr als verzehnfachen und Korea seine mehr als vervierfachen konnte. Demgegenüber meldeten deutsche und europäische Erfinder – dem globalen Durchschnitt entsprechend – 2017 lediglich ca. doppelt so viele Patente im Bereich batterie-relevanter Materialien an wie 2006. In den USA lag der Zuwachs mit lediglich 15% sogar noch deutlich darunter. Deutschland bleibt im Feld der Einzelstaaten hinter Japan, Korea, den USA und China auf einem fünften Rang, mit einem auf 10,5% sogar leicht erhöhten Anteil an allen weltweiten Patentanmeldungen (2006: 9,9%). Während es angesichts der aktuellen Dynamik kaum möglich erscheint, innerhalb der Führungsgruppe weiter aufzuschließen, bleibt der Abstand zum nächstfolgenden Großbritannien erheblich (dieses erreicht zzt. unter 40% des deutschen Niveaus). Innerhalb der ASEAN-Staaten ist das Patentierungsniveau im Bereich Materialwissenschaften für Batterien vergleichsweise gering. Im Jahr 2018 finden sich in Summe der ASEAN-Staaten 20 transnationale Anmeldungen, die zum Großteil aus Singapur stammen.

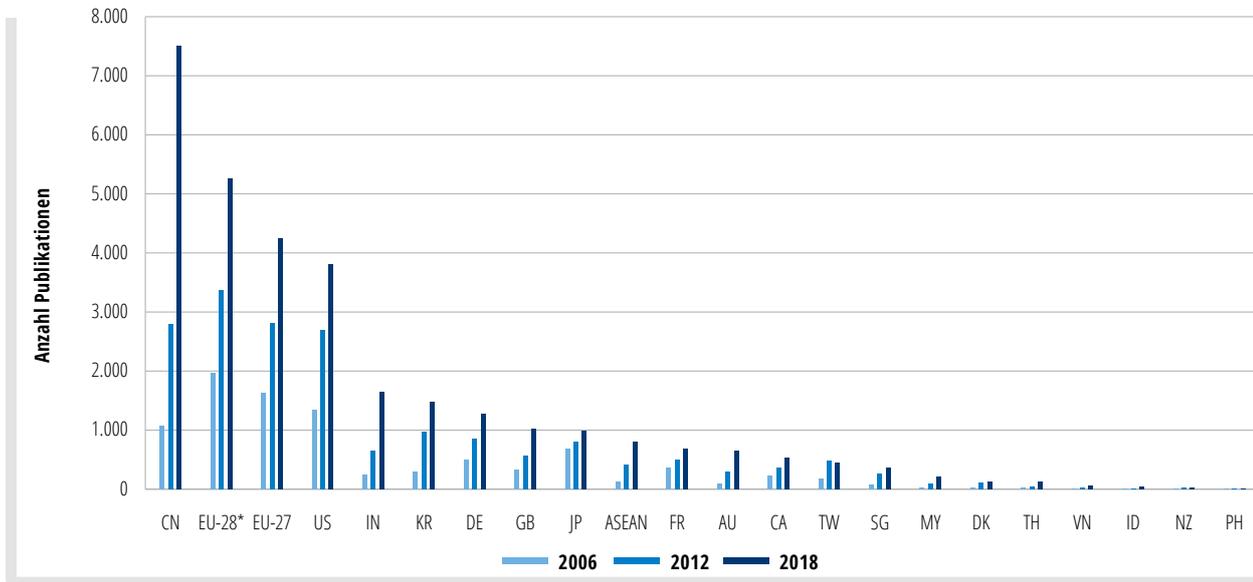
Hinsichtlich der Patentintensität erreichen vor allem Japan und Korea um Faktor 5 höhere Werte als alle anderen Länder, mit Ausnahme von Deutschland, das auf dem dritten Rang immerhin knapp mehr als ein Drittel des japanischen Werts erreicht. Auf ca. der Hälfte des deutschen Niveaus folgen Frankreich, Singapur sowie etwas abgesetzt die USA, Dänemark, Kanada und Großbritannien. In allen anderen Ländern sind die Werte zu vernachlässigen. Auf dem insgesamt noch sehr geringen Niveau der zu verzeichnenden Patentaktivitäten ist der Anteil der Ko-Patentanmeldungen für den Bereich Materialwissenschaften, aber auch z.B. im Vergleich zum Themenfeld Biomaterialien eher gering. Im Vergleich zu den sonst meist üblichen ca. 30% werden hier im Mittel lediglich 15–20% erreicht, so auch in Deutschland. Einzig Indonesien liegt über 40%, Kanada knapp unter 30% und Dänemark bei ca. 25%. Von Japan und Korea gehen zurzeit de facto keine technologischen Kooperationsaktivitäten aus.

Auch im Bereich „Materialtechnologien für Batterien“ werden die Top-10 (in APRA-Ländern) publizierenden Institutionen von chinesischen Einrichtungen domi-

niert, allerdings sind mit der Nanyang Technical University auf Rang vier sowie der National University of Singapore und der Seoul National University auf den Rängen sechs und sieben auch Institutionen anderer, zentraler APRA-Länder vertreten. Entsprechend zeigt sich auch mit Blick auf das Zitationsaufkommen ein (noch) etwas anderes Bild, hier führen das koreanische National Institute of Advanced Industrial S&T und die University of New South Wales vor dem Beijing National Laboratory for Molecular Sciences der CAS auf Rang drei. Hierauf folgt mit der Sungkyunkwan University erneut eine koreanische Institution, darauf das chinesische National Center for Nanoscience and Technology.

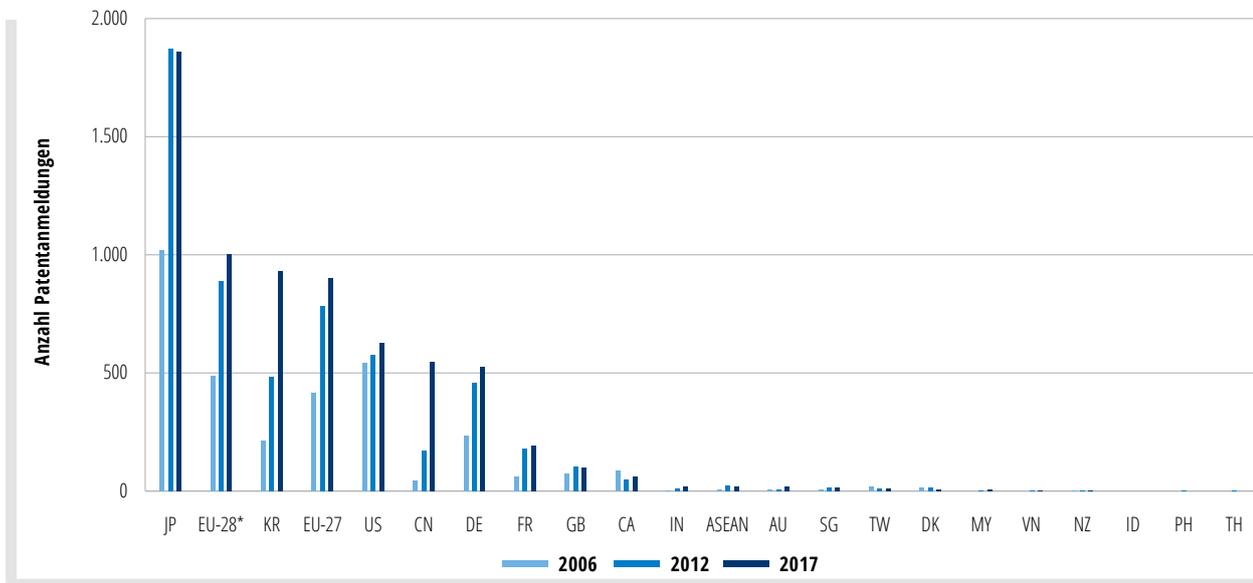
Unter den Top-10 der privatwirtschaftlichen Patentanmelder finden sich erneut fast ausschließlich japanische Unternehmen, allerdings belegen mit LG Chem und Samsung SDI zwei koreanische die Ränge eins und drei. Unter den öffentlichen Anmeldern sind mit der Tsinghua University und der Chinesischen Akademie der Wissenschaften zwei chinesische Akteure führend, es folgen das Korea Advanced Institute of S&T, die University of Tokyo, die Kyoto University sowie die koreanische Hanyang University.

**ABBILDUNG 52: Publikationen (Scopus) im Bereich „Materialien für Batterien“**



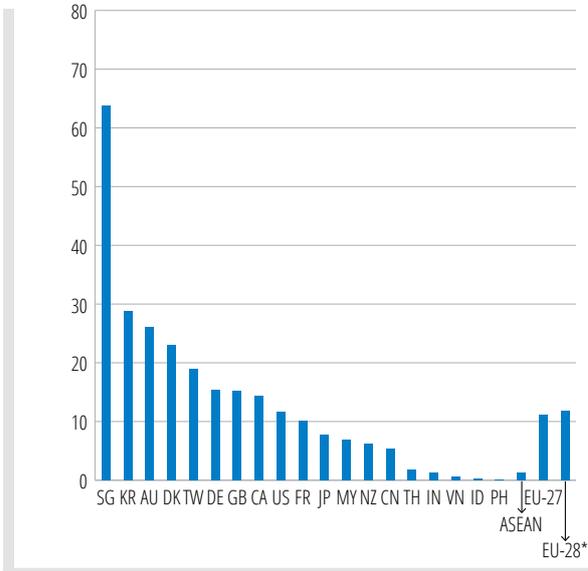
HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien  
 QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG 53: Patentanmeldungen (transnational) im Bereich „Materialien für Batterien“**

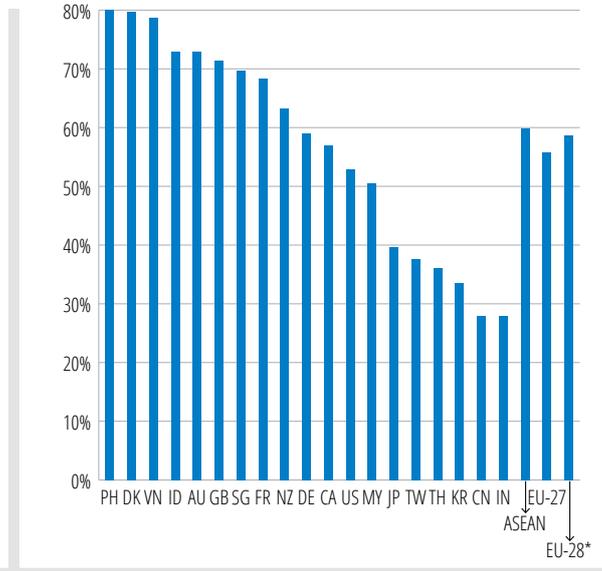


HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien  
 QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

**ABBILDUNG 54: Publikationen pro Mio. Einwohner (Scopus), 2018 im Bereich „Materialien für Batterien“**

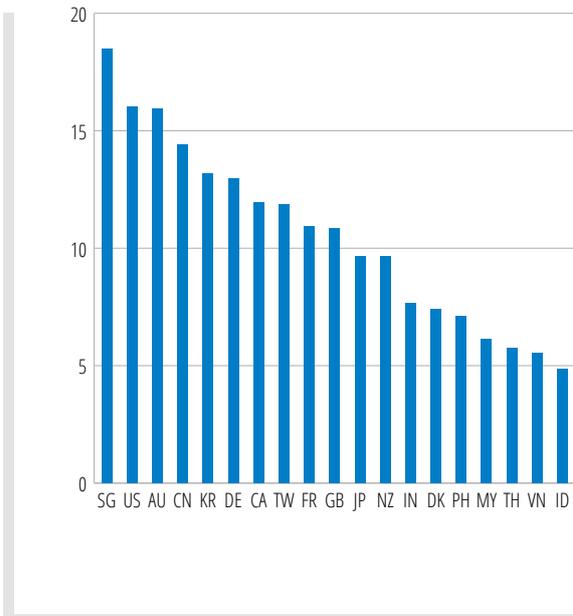


**ABBILDUNG 55: Anteil internationaler Ko-Publikationen (Scopus), 2018 im Bereich „Materialien für Batterien“**

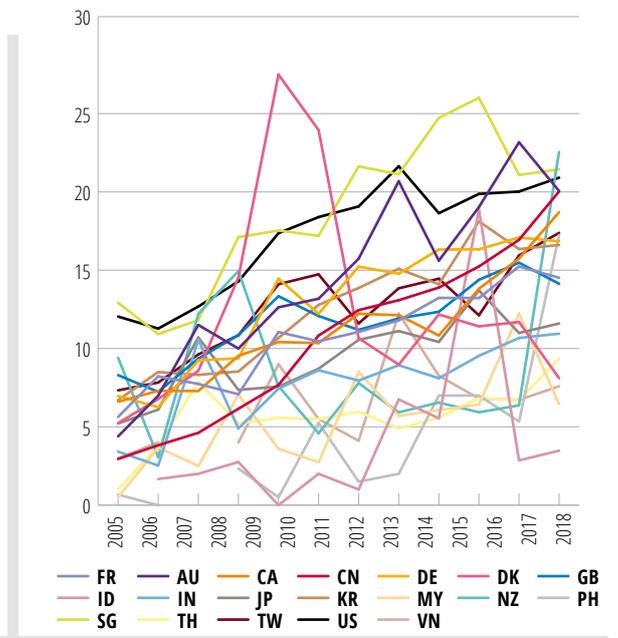


HINWEIS: EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien  
 QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG 56: Mittlere Zittrate von Publikationen (Scopus), Mittel 2014–18 im Bereich „Materialien für Batterien“**

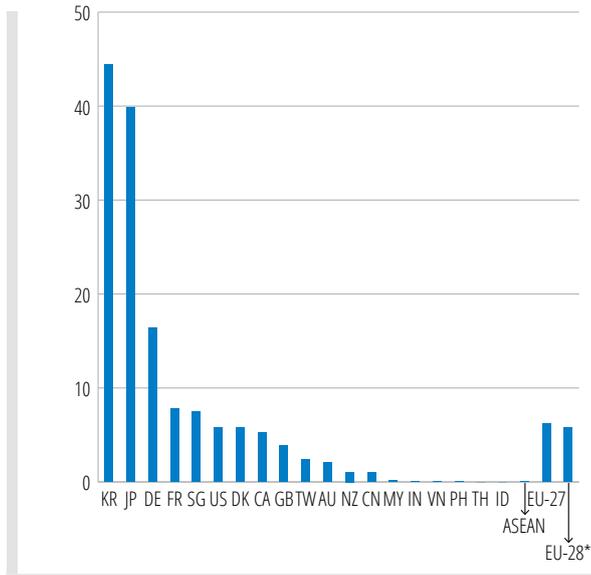


**ABBILDUNG 57: Entwicklung der mittleren Zittrate (Scopus) 2005–16 im Bereich „Materialien für Batterien“**

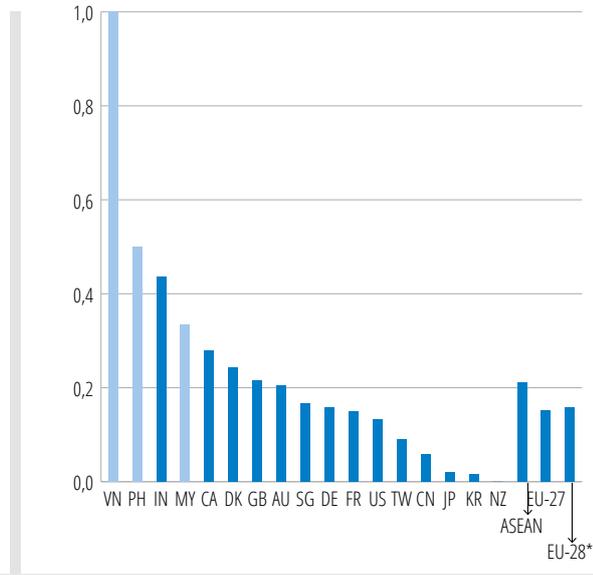


QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG 58: Patentanmeldungen pro Mio. Einwohner (transnational), 2015-17 im Bereich „Materialien für Batterien“**



**ABBILDUNG 59: Anteil internationaler Ko-Patentanmeldungen (transnational), 2015-17 im Bereich „Materialien für Batterien“**



HINWEIS: keine Patente in Indonesien und Thailand; heller Hintergrund: insgesamt unter 20 Patente EU-28 als Summe von EU-27 und Großbritannien

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

**TABELLE 23: Liste der Top-10 publizierenden und patentierenden APRA-Akteure im Bereich „Materialtechnologien für Batterien“, Summe 2015-17**

PUBLIZIERENDE: NACH ANZAHL DER PUBLIKATIONEN	PUBLIZIERENDE: NACH ZITATIONEN
Chinese Academy of Sciences, Graduate School (CN)	National Institute of Advanced Industrial S&T (KR)
Tsinghua University (CN)	University of New South Wales (AU)
Shanghai Jiaotong University (CN)	CAS – Beijing National Laboratory for Molecular Sciences (CN)
Nanyang Technological University (SG)	Sungkyunkwan University (KR)
Sichuan University (CN)	National Center for Nanoscience and Technology (CN)
National University of Singapore (SG)	Chinese Academy of Sciences – Institute of Physics (CN)
Seoul National University (KR)	Ulsan National Institute of Science & Technology (UNIST) (KR)
Suzhou University (CN)	Suzhou University (CN)
Peking University (CN)	Nanyang Technological University (SG)
Huazhong University of Science and Technology (CN)	University of Wollongong (AU)
PATENTIERENDE: UNTERNEHMEN	PATENTIERENDE: ÖFFENTLICHE INSTITUTIONEN
LG Chem Ltd (KR)	Tsinghua University (CN)
Panasonic Intellectual Property Management (JP)	Chinese Academy of Sciences (CN)
Samsung SDI Company (KR)	KAIST (Korea Advanced Institute of S&T) (KR)
Murata Manufacturing Company (JP)	University of Tokyo (JP)
Toshiba Corporation (JP)	Kyoto University (JP)
Nissan Motor Company (JP)	Hanyang University (KR)
GS Yuasa International Ltd. (JP)	Seoul National University (KR)
Sumitomo Electric Industries Ltd. (JP)	South China University of Technology (CN)
Toyota Motor Corporation (JP)	National University of Singapore (SG)
Hitachi CHEMICAL Company (JP)	Kyushu University (JP)

HINWEIS: Zitationsranking unter den Top-100 publikationsstärksten Institutionen

QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus und EPO Worldwide Patent Statistical Database

## Akademische Kooperation im Bereich Materialwissenschaften

Im Hinblick auf akademische Kooperation sind für **China** im Bereich **Materialwissenschaften** seit 2012 erneut die USA der wichtigste Partner, während die APRA-Staaten nun auf Platz zwei folgen. Auch der Umfang der Ko-Publikationen mit der Europäischen Union wächst dynamisch und erreicht in etwa die Hälfte jenes mit den USA. Wichtigster Kooperationspartner innerhalb des APRA-Raums ist Australien, gefolgt von Japan. Auch die Kooperation mit ASEAN-Staaten (v.a.: Singapur) hat zugenommen. Deutschland liegt im Länderranking auf Platz 4, hinter Japan. Aus Sicht **Japans** waren die Länder des APRA-Raums im ganzen Betrachtungszeitraum der zentrale Referenzraum, Kooperationen mit China bzw. der Europäischen Union erreichen nur ca. die Hälfte des Niveaus der Intra-APRA-Kooperationen, jene mit den USA nur ca. ein Drittel. Deutschland liegt im Länderranking auf Platz 3, nach China und den USA. In **Korea** stagniert die akademische Kooperation mit den USA seit ca. 2014, während sich jene innerhalb des APRA-Raums weiter dynamisch entwickelt. Es folgen China, die Europäische Union und Indien sowie Japan, das aufgrund stagnierender Entwicklung auf Platz vier zurückgefallen ist. Deutschland liegt im Länderranking auf Platz 6, hinter Großbritannien. Auch für **Indien** sind seit 2011 die Staaten des APRA-Raums der zentrale Kooperationspartner, gefolgt von der Europäischen Union und den USA, mit denen die Zusammenarbeit langsamer anwächst, sowie Korea. Deutschland liegt im Länderranking auf Platz 5, hinter Großbritannien.

Im noch jungen Bereich **Materialien für Batterien** bleiben für **China** die USA der relevanteste wissenschaftliche Referenzraum. In Summe erreichen die Ko-Publikationen mit anderen APRA-Ländern allerdings bereits ca. zwei Drittel der Ko-Publikationen der

USA, wiederum weit vor dem Niveau der Kooperationen mit EU-Ländern, die nur ca. ein Drittel des Wertes der USA erreichen. Wichtigster Kooperationspartner innerhalb des APRA-Raums ist Australien, gefolgt von den ASEAN-Staaten. Japan und Korea folgen auch absolut betrachtet nach Singapur. Deutschland liegt im Länderranking auf Platz 7, hinter Japan. Auch aus Sicht **Japans** haben die Länder des APRA-Raums die USA bereits seit 2008 als wichtigsten Kooperationspartner abgelöst, zurückgehend nicht zuletzt auf eine zunehmende Kooperation mit China, die ca. die Hälfte aller japanischen Kooperationen mit dem APRA-Raum ausmachen. Wichtige weitere Kooperationspartner bleiben die USA und die Europäische Union, auch wenn die Werte aktuell rückläufig sind. Deutschland liegt im Länderranking auf Platz 3, nach den ASEAN-Staaten (v.a. Malaysia), aber vor Korea. In **Korea** selbst hat die akademische Kooperation mit den USA in jüngerer Vergangenheit abgenommen, wodurch ihr Niveau hinter das der ansteigenden Kooperation innerhalb des APRA-Raums zurückfiel. Wie in Japan geht dies zum Teil auch auf einen Anstieg der Kooperationen mit China und Indien zurück. Jeweils für sich betrachtet übersteigen beide bereits jene mit allen Ländern der Europäischen Union zusammengenommen. Weitere wichtige Kooperationspartner sind auch in diesem Fall die ASEAN-Staaten (v.a. Vietnam) sowie, stagnierend, Japan. Deutschland liegt im Länderranking auf Platz 8, hinter Vietnam. Auch in **Indien** bilden die Staaten des APRA-Raums den zentralen Kooperationsraum, gefolgt von der Europäischen Union sowie den USA mit je etwas mehr als der Hälfte des Umfangs sowie, nur leicht abgeschlagen, Korea. Mit Abstand folgen die ASEAN-Staaten (v.a. Singapur) sowie Japan. Deutschland liegt im Länderranking auf Platz 7, hinter China.

## Forschungs- und innovationspolitische Schwerpunkte ausgewählter APRA-Länder im Bereich Materialwissenschaften

### China

China ist bereits heute ein zentraler Standort für die Produktion von Lithium-Ionen-Batterien. Den Plänen der chinesischen Regierung nach sollen einheimische Firmen und Forschungsinstitutionen führend in neuen Batterietechnologien und den zugehörigen Industriesektoren werden. Seit langem hegt China

Ambitionen insbesondere in der Automobilbranche und im Energiesektor. Beide Sektoren gehören zu den „strategischen aufstrebenden Industrien“, die die chinesische Regierung als Kernbereiche zur Realisierung ihrer nationalen Strategie für ein innovationsgetriebenes Wachstum fördert. Sie sind auch unter den Industrien der „Made in China 2025“-Strategie verankert.

Gerade letztere Strategie setzt den Schwerpunkt auf die Beherrschung von Grundlagentechnologien, zu denen insbesondere Materialtechnologien gehören.<sup>191</sup>

Die forcierte Schwerpunktsetzung auf Materialtechnologien (inkl. Batteriematerialien) schlägt sich auch in den wichtigen Forschungsförderungsprogrammen nieder. So wurde der Bereich „neue Materialien“ als neues Megaprojekt für den Zeitraum bis 2030 – mit einer voraussichtlichen Verlängerung bis 2035 – zu den bisherigen Megaprojekt-Bereichen hinzugefügt.<sup>192</sup> Als grundlegende Querschnittstechnologie findet die Förderung neuer Materialien nicht nur im eigentlichen Bereich Materialtechnologien, sondern auch in den übrigen strategischen Sektoren – z. B. Biomaterialien in der Bio(tech)-Industrie (siehe Abschnitt Bioökonomie in diesem Bericht) – statt. Dabei stehen drei Verwendungen im Mittelpunkt: Materialien für Elektroauto-Akkus, für Solar-Akkus und für Batteriespeicher. Darüber hinaus kommt den Brennstoffzellen eine besondere strategische Bedeutung zu, die vom Automobil- bis zum Energiesektor reicht und auf die Beherrschung von Materialtechnologien setzt.

In der Planung von Technologie- und Innovationsprojekten während des 13. Fünfjahresplans durch das MOST<sup>193</sup> liegt der Schwerpunkt auf sechs Bereichen: dem Upgrading von grundlegenden Materialtechnologien, strategischen elektronischen Materialien (z. B. neueste Halbleitermaterialien, Displaytechnologien und Mikroelektronik-Materialien), grundlegenden Technologien für die gentechnische Herstellung von Materialien (z. B. Biopolymere), Nanomaterialien und Nanogeräten, Struktur- und Verbundwerkstoffen sowie Funktionswerkstoffen und intelligenten Werkstoffen. Für die Batterieforschung sind insbesondere die Schwerpunktthemen Nanomaterialtechnologien für Energieumwandlung und Speicherung (Bereich Nanomaterialien) und neue Energiematerialien (Bereich Funktionswerkstoffe und intelligente Werkstoffe) relevant.

Im Automobilsektor, in dem die chinesische Technologie- und Industriepolitik auf sogenannte „New Energy Vehicles“ (d. h. Fahrzeuge basierend auf neuen Energietechnologien) setzt, liegt ein wichtiger Fokus auf der Realisierung von Durchbrüchen in der Entwicklung von Elektroauto-Batterien (einschließlich Batteriematerialien). Formal wurden allerdings unter dem laufenden Schlüsselprojekt (2015–20) „New Energy Vehicles“ des missionsorientierten „Schlüsselprogramms für FuE“ Batteriemanagementsysteme und Brennstoffzellensysteme genannt.<sup>194</sup> Im Plan für Energietechnologie und -innovation für die 13. Fünfjahresplan-Periode (2016–20) werden außerdem fünf Hauptaufgabenbereiche für FuE zur Realisierung energierelevanter Ziele aufgeführt. Materialtechnologien stellen einen der fünf Hauptaufgabenbereiche dar, und zu den aufgeführten vier Materialarten zählen ebenfalls Batteriematerialien. Die NDRC als Herausgeber des Plans geht bei der Festlegung von FuE-Aktivitäten äußerst selektiv vor. Im Unterbereich Batteriematerialien werden vier spezifische Materialtechnologien genannt, zu denen konzentrierte Forschungsanstrengungen stattfinden sollen, zu drei weiteren Batteriematerialtechnologien sollen Demonstrationsprojekte durchgeführt werden. Der überwiegende Teil der Projekte in dem Plan bezieht sich auf den Photovoltaiksektor.

### Indien

Indiens Materialforschung hat in den vergangenen Jahren einen Aufschwung erfahren. Wie in anderen Sektoren ist dies zu einem gewissen Teil auf die zuletzt verstärkt verfolgte Technologiepolitik zurückzuführen. Zwar wird die materialwissenschaftliche Grundlagenforschung in Indien durch das Science and Engineering Research Board (SERB) als Bestandteil der Bereiche Ingenieurwissenschaften und Chemie gefördert. Mit der im September 2015 vorgestellten Strategie „Make in India“-Strategie, die das Land dabei unterstützen soll, sich in ein globales Zentrum für Industriefertigung zu entwickeln, hat sich Indien jedoch verstärkt der anwendungsbezogenen Forschung zugewandt. Dabei fokussiert die „Make in

<sup>191</sup> Zenglein, M. J. und Holzmann, A. (2019), Evolving Made in China 2025: China's industrial policy in the quest for global tech leadership, Merics Papers on China, [https://www.merics.org/sites/default/files/2019-07/MPOC\\_8\\_MadeinChina\\_2025\\_final\\_3.pdf](https://www.merics.org/sites/default/files/2019-07/MPOC_8_MadeinChina_2025_final_3.pdf)

<sup>192</sup> Zu den Megaprojekten siehe den 1. APRA-Bericht. Die einstweiligen Megaprojekte für den Zeitraum 2030 sind im 13. Fünfjahresplan für Wissenschaft, Technologie und Innovation aufgeführt. Sie werden höchstwahrscheinlich in den gerade in Arbeit befindlichen Mittel- bis Langfristigen Plan für die Entwicklung von Wissenschaft und Technologie (2012–35) einfließen.

<sup>193</sup> [http://www.most.gov.cn/mostinfo/xinxifenlei/fgzc/gfxwj/gfxwj2017/201704/t20170426\\_132496.htm](http://www.most.gov.cn/mostinfo/xinxifenlei/fgzc/gfxwj/gfxwj2017/201704/t20170426_132496.htm)

<sup>194</sup> <http://www.htrdc.com/gjszx/xnyqc/index.shtml>

India“-Strategie nicht direkt auf neue Materialtechnologien. Stattdessen hat sie 25 Industriesektoren im Blick, in denen Fortschritte nicht zuletzt auch in den relevanten Grundlagentechnologien, Materialien eingeschlossen, erwartet werden. Für den Bereich Batteriematerialien sind vor allem zwei Sektoren relevant, die zu den sechs wichtigsten „Make in India“-Branchen zählen: der Automobilsektor und die erneuerbaren Energien.<sup>195</sup>

Bis 2030 sollen 30% der Neukäufe von Autos und Zweirädern in Indien Elektrofahrzeuge sein, dabei soll die Nachfrage maßgeblich durch die heimische Produktion abgedeckt werden. Vor diesem Hintergrund hat die indische Regierung im März 2019 die „National Mission on Transformative Mobility and Battery Storage“-Strategie vorgestellt, die darauf abstellt, die gesamte Wertschöpfungskette für Elektromobilität lokal abzudecken.<sup>196</sup> Zentral hierfür ist der strategische Aufbau von einheimischen Produktionskapazitäten für Batterien. Für ihre Vision verfolgt die indische Regierung einen holistischen Ansatz, der neben Kapazitätsaufbau, Standardsetzung, fiskalischen Anreizen für Produzenten, Kaufanreizen und Verbesserung der regulatorischen Rahmenbedingungen auch FuE umfasst. Ähnlich ambitioniert sind die Ziele Indiens bei erneuerbaren Energien, die bis 2030 etwa ein Drittel der Stromproduktion ausmachen sollen (siehe unten). Auch dieses Ziel verfolgt Indien, indem es auf einen Aufbau von Kapazitäten und die Entwicklung von Fähigkeiten bei Technologien für Energieumwandlung und -speicherung setzt.

Das indische Department of Science & Technology (DST) unterstützt die „Make in India“-Strategie auf verschiedene Weise.<sup>197</sup> Unter den Programmen befinden sich die Technical Research Centers (TRCs), die das DST in fünf seiner autonomen Forschungszentren errichtet hat. Eines der TRCs, das im International Advanced Research Center for Powder Metallurgy and New Materials (ARCI) untergebracht ist, hat sei-

nen Fokus auf Materialien für Solarenergie, Brennstoffzellen und Materialien zur Energiespeicherung gelegt. Ebenso relevant für die Materialwissenschaften und Batterieforschung sind zudem Zentren und Labore, deren Aufbau das DST im Rahmen der National Mission on Nano Science & Nano Technology (z. B. Nano S&T Labs) und der Clean Energy Research Initiative (z. B. Solar Energy Centers) unterstützt.<sup>198</sup> Zusammen mit dem Ministry of Human Resource Development (MHRD) hat das DST außerdem das Programm „Impacting Research Innovation and Technology“ (IMPRINT) aufgelegt, das Lösungen für die wichtigsten technischen Herausforderungen des Landes entwickeln soll. Das IMPRINT-Programm fokussiert auf zehn Technologiesektoren. Darunter befinden sich der Sektor „Fortschrittliche Materialien“, der im Unterpunkt Funktionswerkstoffe z. B. Energiematerialien (wie Photovoltaik und Brennstoffzellen und Technologien zur Energiespeicherung wie aufladbare Batterien, Redox-Flow-Batterien und Superkondensatoren) auflistet, und der Sektor „Energie“ mit einem Fokus auf erneuerbaren Energien.<sup>199</sup>

Derzeit kann Indien noch keine großen Batterieproduzenten vorweisen. Die gegenwärtige Schwerpunktsetzung fällt bislang lediglich mit ein paar kleineren Fortschritten zusammen. So hat das Central Electrochemical Research Institute (CECRI) eine erste einheimische Produktionsstätte für Lithium-Ionen-Akkus für die Nutzung in Bereichen wie Solarindustrie und Schienenverkehr aufgebaut. Im August 2019 stellte das Institute of Technology Madras eine neuartige Eisen-Ionen-Batterie vor, die ohne Lithium auskommt.<sup>200</sup>

### Japan

Speicherbatterien sind nach Fukushima zu einer wichtigen Technologie geworden, da sie als Notstromversorgung genutzt werden können. Daher unterstützt die Regierung ihren Einsatz durch verschiedene Subventionen und Programme. Japan ist

<sup>195</sup> Zur „Make in India“-Strategie siehe <http://www.makeinindia.com/>

<sup>196</sup> Union Cabinet (2019): National Mission on Transformative Mobility and Battery Storage. Online: <https://pib.gov.in/PressReleaseSelfframePage.aspx?PRID=1567807>

<sup>197</sup> Department of Science and Technology (o. J.) „DST programmes boosting Make in India initiative. Online: <https://dst.gov.in/dst-programmes-boosting-make-india-initiative>

<sup>198</sup> DST (2019): Annual Report 2018–19, online: [https://dst.gov.in/sites/default/files/DST%20Annual%20Report%202018-19\\_English\\_F.pdf](https://dst.gov.in/sites/default/files/DST%20Annual%20Report%202018-19_English_F.pdf)

<sup>199</sup> Zum IMPRINT-Programm siehe <https://imprint-india.org/>

<sup>200</sup> India's Energy Storage Mission: A Make in India Opportunity for Globally Competitive Battery Manufacturing. NITI Aayog and Rocky Mountain Institute, 2017. [https://niti.gov.in/writereaddata/files/document\\_publication/India-Energy-Storage-Mission.pdf](https://niti.gov.in/writereaddata/files/document_publication/India-Energy-Storage-Mission.pdf); <https://www.energytrend.com/news/20190826-15033.html>

beim Einsatz von Natrium-Schwefel (NaS-Batterien) inzwischen Weltmarktführer und auch im Bereich von Li-Ionen-Batterien gibt es zahlreiche Projekte. Im Mai 2016 wurde in Osaka eine neue Zertifizierungsstelle für große Li-Ionen-Batterien in Betrieb genommen. Es wird vom Nationalen Institut für Technologie und Bewertung (NITE) verwaltet und stellt einen wichtigen Schritt für Japan dar, um eine Zertifizierungsinstitution für Batterien auf Spitzenniveau zu erhalten. Im April 2018 richtete NEDO eine neue Abteilung für fortschrittliche Batterie- und Wasserstofftechnologie ein.

Japans Batterieforschungsplattform (Battery Research Platform) ist ein Kooperationsprogramm, das 2012 gestartet wurde, um FuE von Batterien der nächsten Generation, einschließlich Metall-Luft- und Festkörperbatterien, zu beschleunigen. Das Forschungsinstitut NIMS ist die treibende Institution auf dieser Plattform und arbeitet eng mit dem AIST und der Waseda-Universität im Projekt ALCA-SPRING (Advanced Low Carbon Technology Research and Development Program, Specially Promoted Research for Innovative Next Generation Batteries) zusammen. NIMS unterstützt auch Initiativen in anderen FuE-Bereichen für Batterien der nächsten Generation, die von Universitäten, Institutionen und privaten Unternehmen in ganz Japan durchgeführt werden, einschließlich der Batterie-, Automobil- und Materialhersteller, die ebenfalls an diesem Projekt beteiligt sind.

Darüber hinaus gibt es in Japan mehrere Industriecluster für Speicherbatterien. Dazu zählen z.B. die Industriecluster Osaka (Forschungszentrum für Batteriestrategien), Yokohama (Speicherbatterie SCADA, Aufsichtskontrolle und Datenerfassung im Rahmen des Yokohama Smart City-Projekts) und die Präfektur Saitama (führendes Industriedesign)-Projekt im Rahmen des Saitama Eco-Town-Projekts) sowie die Präfektur Fukushima (Forschungsinstitut für Energieeinsparung im Rahmen des AIST), an dem sowohl Privatunternehmen als auch Universitäten wie die

Waseda-Universität und die Shinjuku-Universität beteiligt sind.

### Südkorea

Seit dem Amtsantritt des jetzigen Präsidenten Moon Jae-in im Mai 2017 hat die südkoreanische Regierung mit ihrer „Innovation-led Growth Policy“ neue politische Schwerpunkte gesetzt, die einen direkten Einfluss auf die Entwicklungsrichtung der materialwissenschaftlichen FuE in Südkorea haben. Wie mehrere Vorgängerregierungen hat die jetzige Regierung einen neuen Wachstumsmotor definiert.<sup>201</sup> Unter dem Titel „Innovation Growth Engine“ soll der Fokus vor allem auf der Vorbereitung des Landes für die vierte industrielle Revolution liegen. Hierfür sieht die Politikmaßnahme eine Förderung von FuE in dreizehn Technologiefeldern vor, die vier Kategorien zugeordnet sind. In der Kategorie, die auf die Fortentwicklung der industriellen Basis des Landes abstellt, spielen die zwei Felder „fortschrittliche Materialien“ und „neue und erneuerbare Energien“ eine wichtige Rolle.

Die beiden Themenfelder stehen im Fokus der staatlichen FuE-Investitionen, die acht Industrien und drei Plattformen für die Entwicklung neuer Industrien fördern.<sup>202</sup> Der „Durchführungsplan für FuE-Projekte in den Bereichen Wissenschaft, Technologie und Informations- und Kommunikationstechnologien“ für das Jahr 2019 legte den Schwerpunkt speziell auf „Nanotechnologie und Materialien“ sowie auf „Wasserstoffenergie und Brennstoffzellen“.<sup>203</sup> Erneuerbare Energien stehen schon länger im Fokus südkoreanischer Entwicklungsstrategien, etwa der Green-Growth-Strategie von 2009 und nun dem 3020-Plan für Erneuerbare Energien („RE3020“) des Energieministeriums MOTIE vom Dezember 2017. Neben dem Energiesektor soll Wasserstoff den Plänen der südkoreanischen Regierung zufolge auch großflächig im Verkehrsbereich in Form von Brennstoffzellenfahrzeugen eingesetzt werden.<sup>204</sup>

<sup>201</sup> Kim, Seong Soo und Choi, Yo Sop (2019): The Innovative Platform Programme in South Korea: Economic Policies in Innovation-Driven Growth, Foresight and STI Governance, Vol. 13(3), 13-22; [https://english.msit.go.kr/cms/english/pl/policies2/\\_icsFiles/afieldfile/2018/04/06/%ED%98%81%EC%8B%A0%EC%84%B1%EC%9E%A5%EC%98%81%EB%AC%B8-%EC%9D%B8%EC%87%84%EB%B3%B8.pdf](https://english.msit.go.kr/cms/english/pl/policies2/_icsFiles/afieldfile/2018/04/06/%ED%98%81%EC%8B%A0%EC%84%B1%EC%9E%A5%EC%98%81%EB%AC%B8-%EC%9D%B8%EC%87%84%EB%B3%B8.pdf)

<sup>202</sup> Kim und Choi (2019): Science, Technology and ICT Newsletter No. 40 at <http://english.msip.go.kr/english/msipContents/contentsView.do?catelId=msse44&artId=1846539>

<sup>203</sup> Science, Technology and ICT Newsletter No. 38 <http://english.msip.go.kr/english/msipContents/contentsView.do?catelId=msse44&artId=1618515>

<sup>204</sup> Hosokawa, Otarō (2018): South Korea targets hydrogen economy, from cars to cities. In: Nikkei Asian Review. Online: <https://asia.nikkei.com/Business/Business-trends/South-Korea-targets-hydrogen-economy-from-cars-to-cities>

Zwar ist mit der einstweiligen Festlegung auf die Brennstoffzelle (und nicht die Batterie) als Antrieb der Zukunft eine Änderung der staatlichen FuE-Investitionen verbunden. Doch der seit dem Sommer 2019 intensivierte Handelsstreit zwischen Südkorea und Japan, der mit einer Beeinträchtigung des südkoreanischen Zugangs zu wichtigen japanischen Exporten von Spezialchemikalien und Materialien einhergeht, hat zu einer kurzfristigen Verschiebung der FuE-Prioritäten geführt. Mit den „R&D-centered Fundamental Solutions“ als Reaktion auf die japanischen Handelsrestriktionen vom August 2019 ist eine Verdopplung des FuE-Budgets für Materialien, Komponenten und Geräten verbunden.<sup>205</sup> Die Aufwendungen sollen hel-

fen, das Land unabhängig von Importen in strategisch wichtigen Bereichen zu machen. Auch Batteriematerialien gehören zu diesen Bereichen, da südkoreanische Hersteller bisher lediglich in den nachgelagerten Segmenten der Batterieproduktion, nicht aber bei den Basistechnologien, wettbewerbsfähig sind. Führende südkoreanische Unternehmen investierten im Jahr 2019 bereits in einen Ausbau der Fähigkeiten bei Batteriematerialien. So hat LG Chem im Juli 2019 angekündigt, 500 Mio. Won (umgerechnet 424 Mio. USD) für den Bau einer neuen Fertigungsanlage für Batteriematerialien zu investieren; das Unternehmen Posco hatte kurz zuvor ein neues Forschungszentrum für Batteriematerialien eröffnet.<sup>206</sup>

## Zusammenfassung und Schlussfolgerungen (Materialwissenschaften)

### Übergreifende Erkenntnisse

- In den Materialwissenschaften veröffentlichen **chinesische Autoren bereits seit 2006 mehr als US-amerikanische und seit ca. 2012 auch mehr als alle europäischen Autoren**. Chinas Anteil an allen globalen Veröffentlichungen betrug 2018 nahezu 40%, gefolgt von der EU-28 mit nahezu 25% und den USA mit ca. 14%.
- **Hinsichtlich der Publikationsintensität steht Singapur an der Spitze, vor Korea und Australien**. Es folgen Dänemark, Deutschland, Taiwan und Großbritannien sowie Kanada und Frankreich.
- Der **Anteil internationaler Ko-Publikationen an allen wissenschaftlichen Veröffentlichungen liegt in vielen Ländern bei überdurchschnittlichen 50 bis 70%** mit den höchsten Werten in Australien, Dänemark, Vietnam, Großbritannien und Singapur.
- Bei der **mittleren Zitatrategie führt Singapur das Feld deutlich an, vor den USA, Korea, China, Großbritannien, Taiwan, Frankreich und Deutschland**.
- **Technologisch führt nach wie vor Japan klar**, während die Europäische Union und die USA in den letzten Jahren anteilig zurückfielen. China und Korea haben durch eine Steigerung ihrer Anmeldungen zur EU und den USA aufgeschlossen.

- **Die Patentintensität ist zurzeit am höchsten in Japan und Korea**, gefolgt von Deutschland, Singapur, Dänemark, Frankreich und den USA.
- Der **Anteil internationaler Ko-Patente ist am höchsten in Taiwan, Indien, Malaysia, Kanada, Neuseeland, Großbritannien und Singapur**.

### Spezifische Erkenntnisse zu Unterthemen: Materialien für Batterieforschung

- **Chinesische Autoren führen mit über 35% aller Veröffentlichungen** die Rangliste an, seit 2012 hat China die USA hinsichtlich des quantitativen Forschungsoutputs überholt, kurz danach auch die Europäische Union.
- **Auch indische, koreanische sowie Forscher aus den ASEAN-Staaten** konnten ihren Output überdurchschnittlich erhöhen; in Summe lösen die asiatischen APRA-Länder auf unterschiedlichen Ebenen zunehmend etablierte Wissenschaftsnationen ab. Deutschland belegt im Feld der Einzelstaaten zurzeit den fünften Rang.
- **In Singapur ist die Publikationsintensität um Faktor zwei höher als in jedem anderen Land**, gefolgt von Korea, Australien, Dänemark, Taiwan und Deutschland.

<sup>205</sup> Science, Technology and ICT Newsletters No. 45 und No. 46, <http://english.msip.go.kr/english/main/main.do>

<sup>206</sup> <https://www.reuters.com/article/us-lg-chem-investment-batteries/lg-chem-plans-to-invest-424-million-for-battery-material-plant-in-south-korea-idUSKCN1UK0P8>; <https://pulsenews.co.kr/view.php?year=2019&no=458068>

- Unter den größeren Nationen liegt der Anteil der internationalen Ko-Publikationen in Australien, Großbritannien, Singapur und Frankreich über oder knapp unter 70%.
- Bei fortgesetztem Trend könnten sich **Chinas aktuelle Publikationen bereits sehr bald, sobald sich Werte für 2017-18 errechnen lassen, als die bestzitiertesten erweisen.**
- **Aus technologischer Perspektive dominiert Japan** mit einem Anteil von über 35%, konnte seine absoluten Anmeldezahlen allerdings seit 2012 nicht mehr nennenswert steigern. Die Europäische Union und Korea erreichen zwischen 18 und 20%,
- Hinsichtlich seines **Anteils an allen Patentanmeldungen belegt Deutschland nach Japan, Korea, den USA und China einen fünften Rang**, mit einem Anteil von 10,5% (2017).
- **Hinsichtlich der Patentintensität liegen Japan und Korea um Faktor 5 über allen anderen Ländern**, mit Ausnahme von Deutschland, das auf dem dritten Rang immerhin knapp mehr als ein Drittel des japanischen Werts erreicht.
- **Eher geringer ist der Anteil an Ko-Patentanmeldungen** mit im Mittel zwischen 15 bis 20% für den Bereich Materialwissenschaften sowie im Vergleich zum Themenfeld Biomaterialien. Die führenden Länder Japan und Korea kooperieren wie in vielen Feldern kaum.

#### Länderspezifische Erkenntnisse

- **China** ist schon heute ein wichtiger Standort für die Produktion von Batterien, will aber auch in innovativen Batterien und in den vorgelagerten Sektoren, einschließlich Batteriematerialien, führend sein. Dank des starken strategischen Fokus auf Materialwissenschaften, der sich u. a. in einem hohen Publikationsoutput ausdrückt, ist diese Zielsetzung realistisch.
- **Indiens** Steigerung des materialwissenschaftlichen Forschungsoutputs trifft auf eine stärker missionsorientierte Technologiepolitik des Landes. Die einzelnen Domänen scheinen im indischen Fall jedoch noch nicht gut genug koordiniert und finanziell ausgestattet zu sein, um führende Positionen einzunehmen.
- **Japans** Stärke in den Materialwissenschaften, einschließlich Batteriematerialien, liegt in der anwendungsorientierten Forschung, die auf Forschungskonsortien, Plattformen und Clustern basiert, an denen Firmen und Universitäten beteiligt sind.
- **Südkorea** verzeichnet auch in den Materialwissenschaften eine hohe Dynamik, die von den Ambitionen der südkoreanischen Regierung und der Industrie in relevanten Wachstumssektoren getragen wird. Insbesondere führende südkoreanische Unternehmen haben Batteriematerialien als wichtigen Faktor für den Erhalt bzw. Steigerung ihrer Wettbewerbsfähigkeit erkannt.
- Die übrigen **APRA-Länder** sind bisher noch relativ schwach in den Materialwissenschaften, aber offen für Forschungs Kooperationen. Einzig **Singapur** kann, v. a. über seine Agency for Science, Technology and Research A\*STAR, beachtliche Fortschritte auf dem Gebiet vorweisen.

#### Schlussfolgerungen für Politik und Wissenschaft

- **China liegt seit ca. 10 Jahren beim wissenschaftlichen Output vorn**, diese wachsende Wissensbasis kann nicht ignoriert werden. Deutschland – als nach den USA bestpositionierte westliche Nation – sollte daher prüfen, wo der Auf- und Ausbau von Kooperationen auf Augenhöhe möglich und sinnvoll ist.
- **Wissenschaftliche Kooperationen bieten sich des Weiteren besonders mit Singapur an**, wo hohe akademische Kooperationsneigungen mit hohen Zitatraten einhergehen.
- **Japan** bleibt technologisch führend, stagniert aber; **China** schließt währenddessen weiter zu Europa und den USA auf. Beide Nationen **sollten daher nicht zuletzt als Wettbewerber in den Blick genommen werden.**
- **Auf Basis ihrer hohen technologischen Kooperationsneigung bieten sich dagegen Indien, Taiwan und Malaysia überwiegend als Partner an**, ebenso Singapur mit seiner weit überdurchschnittlichen Patentintensität.
- **Das neue Feld „Materialien für Batterien“ wird wissenschaftlich bereits überwiegend durch APRA-Länder geprägt.** China, das bald voraussichtlich auch qualitativ vorn liegen wird, sowie Indien, Korea und Singapur sind damit **mögliche Partner auf Augenhöhe** für Deutschland.

- **Technologisch dominieren Japan und Korea**, auch China hat Deutschland überholt. Da diese Nationen jedoch, wie auch in anderen Feldern, **generell wenig kooperieren, sind sie zzt. eher als Wettbewerber denn als Partner zu betrachten.**
- Die bisherige Forschungsk Kooperation mit **China** im Bereich Materialtechnologien für Batterien ist ausbaufähig. Aktuell beschränkt sie sich auf das virtuelle „Sino German Electro Mobility Innovation and Support (SGEC) und auf Universitätsebene gibt es eine Zusammenarbeit zwischen der Universität Braunschweig und der Tongji Universität in Shanghai, die auf Prüf- und Standardisierungsverfahren für Batterien fokussiert. Auf Unternehmensebene plant Volkswagen aktuell eine Beteiligung am chinesischen Batteriehersteller Guoxuan mit Fokus auf Technologie- und Produktkooperation.
- Ein in den letzten Jahren stärkerer politischer Fokus auf erneuerbare Energietechnologien und die Größe des Markts bieten darüber hinaus zunehmende Chancen für die Kooperation mit **Indien**. Welche Kooperationspotenziale im Detail bestehen, bedarf jedoch weiterer Recherchen.
- Bei Batterietechnologien hat Deutschland bereits einen Wettbewerbsrückstand gegenüber **Japan** und kann hier von strategischen Kooperationen profitieren. Eine entsprechende Strategie zur Technologieentwicklung erscheint wichtig, um sich aktiv im internationalen Technologiewettbewerb zu positionieren.
- In der Kooperation mit **Südkorea** ließe sich auf dem im Herbst 2017 eröffneten, gemeinsamen Materialforschungszentrum des Fraunhofer-Instituts für Keramische Technologien, dem Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik der TU Dresden und dem Korea Institute of Materials Science (KIMS) aufbauen. Bisher besteht allerdings noch keine Zusammenarbeit in der Batterietechnologieforschung mit KIMS.

## Themenkapitel 3: Education Hubs

---

Im APRA-Raum lässt sich neben der zunehmenden regionalen Mobilität und Vernetzung der Länder auch die Herausbildung von regionalen Bildungs-Knotenpunkten (Education Hubs) beobachten. Neben den traditionellen Zielländern der Region wie Australien und Japan versuchen Newcomer wie Malaysia, Südkorea, Singapur und China sich als attraktive Alternativen in Stellung zu bringen. Der Begriff Education Hub wird für sehr unterschiedliche Initiativen verwendet, die sich im Hinblick auf ihre Ziele, Aktivitäten und Träger z.T. stark unterscheiden. Da keine offiziellen Indikatoren oder amtliche Stellen existieren, die die Erfüllung bestimmter Kriterien überprüfen, wird der Begriff häufig als Selbstzuschreibung verwendet. Daneben, wie auch im Kontext dieses Kapitels, wird der Begriff für Bestrebungen von Ländern verwendet, sich im tertiären Bildungsbereich als Zentrum zu etablieren, wobei er verschiedene Formen akademischer Mobilität, u. a. von Personen, von akademischen Programmen oder von Anbietern umfasst.

Die unterschiedlichen Arten oder Entwicklungsstadien von Education Hubs werden mithilfe einer Systematik erfasst, die differenziert, ob der Fokus auf Studierende, vielversprechende qualifizierte Berufsanwärter oder Wissensproduktion und -anwendung gelegt wird. Eine wichtige Gemeinsamkeit von Ländern, die sich als Education Hub zu etablieren versuchen, ist die Transformation in eine Wissens- und Dienstleistungsgesellschaft sowie der Anschluss an die „Knowledge Economy“, wobei die Bekämpfung von Brain-Drain häufig Ausgangspunkt der Bemühungen ist.

Vor diesem Hintergrund werden nach einem Überblick über die unterschiedlichen Typen von Knotenpunkten und deren Repräsentation im APRA-Raum im Folgenden die jeweiligen Strategien und Maßnahmen der Länder analysiert. Der Stand der Entwicklung wird mittels aktueller Datenevidenz zur Studierendenmobilität quantifiziert und beleuchtet, aus welchen Ländern Studierende kommen.

Seit den 1990er Jahren kann in Hinblick auf internationale Mobilität eine Ausweitung der reinen Studierendenmobilität festgestellt werden. Beispielsweise ist dies bei Cross-border-Programmen (z. B. mit joint/double/multiple degrees) der Fall. Auch fallen Cross-border-Institutionen oder Mobilität von Anbietern (provider mobility) darunter, wie z. B. International Branch Campus (IBC), die als Satellitencampus einer anerkannten ausländischen Hochschule in anderen Ländern eingerichtet werden (Knight 2018: 642)<sup>207</sup>.

Als „Hub“ werden meist Zentren bezeichnet, die die höchste Aktivität in einer bestimmten Hinsicht aufweisen. So wurde der Begriff Education Hub bekannt für (regionale) Knotenpunkte im Bereich der tertiären Bildung. Die folgende, von Knight (2011: 227) entwickelte Definition zielt darauf ab, die diversen Typen, Modelle sowie unterschiedliche Wirkungsreichweiten von Education Hubs zu erfassen: „An education hub is a planned effort [by a country (or zone, city)] to build a critical mass of local and international actors strategically engaged in cross-border education, training, knowledge production and innovation initiatives.“<sup>208</sup>

Bei dieser Definition stehen der strategische Aspekt eines „geplanten Bestrebens“ und das Erreichen einer kritischen Masse als Kriterien im Zentrum. Das Entstehen von Education Hubs kann damit die Mobilitätsströme in einer Region beeinflussen. Education Hubs lassen sich nach Knight (2011, 2013) in die Kategorien Student Hubs, Talent Hubs und Innovation Hubs untergliedern: **Student hubs** fokussieren hauptsächlich auf das Bachelorstudium. Es handelt sich um eine Ausweitung des tertiären Bildungssystems, um den Bedürfnissen von Studierenden verschiedener Herkunft zu entsprechen, d.h. sowohl einheimische als

<sup>207</sup> Knight, Jane (Hg.) (2018): International Education Hubs. Student, Talent, Knowledge-Innovation Models. Dordrecht: Springer.

<sup>208</sup> Knight, Jane (2011): Education Hubs. A Fad, a Brand, an Innovation? In: Journal of Studies in International Education 15 (3), S. 221–240.

auch ausländische Studierende und Kinder von Expatriates, die z.T. schon lange im Land leben, aber nicht die gleichen Zugänge zu Bildung haben wie Einheimische (Knight 2014: 31).<sup>209</sup> Ziel eines Student Hubs ist es, den Zugang zu Hochschulbildung auszuweiten, die Hochschulen zu modernisieren und zu internationalisieren, das nationale Bildungssystem zu profilieren bzw. sichtbarer zu machen und nicht zuletzt finanzielle Einnahmen zu generieren. Strategien zur Realisierung der Ziele sind daher neben der Rekrutierung von Studierenden auch das Anwerben von Anbietern und Programmen, die die Internationalisierung und Modernisierung fördern. Regierungen setzen z.B. Anreize für internationale Branch Campi durch Anschubfinanzierung, Steueranreize und Subventionierung von Landerwerb. Kampagnen zur Gewinnung internationaler Studierender beinhalten häufig Visa-Erleichterungen oder Vermittlung von Unterkünften. Im Fokus der **Talent Hubs** stehen in Bezug auf die universitäre Lehre und Ausbildung der Aufbau eines Pools hochqualifizierter Arbeitskräfte zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit und Entwicklung des Landes. Der Schwerpunkt liegt daher auf der Gewinnung von ausländischen Bildungsinstitutionen, um das Angebot vor Ort zu erweitern. Das übergeordnete Ziel besteht darin, nicht nur die Qualität des Arbeitskräfteangebots zu verbessern, sondern auch die lokalen oder regionalen Erfordernisse und Bedarfe bedienen zu können. Das Ausbildungsangebot fokussiert daher nicht nur auf Studierende, sondern auch auf die Weiterbildung von erfahreneren Fachkräften, z. B. durch Führungskräftetraining oder innerbetriebliche Angebote. Typisch sind nach Knight auch Anreize wie Vergünstigungen bei den Studiengebühren im Austausch mit einer vertraglich festgelegten Anstellungsphase nach dem Studienabschluss (2014: 33). **Knowledge/Innovation Hubs** fokussieren auf die Produktion und Anwendung neuen Wissens, wobei die kommerzielle Nutzung im Zentrum steht. Knowledge Hubs versuchen daher, unabhängige Forschungsinstitute und Firmen, die Forschung und Entwicklung betrei-

ben, sowie Technologieunternehmen, die im Bereich der angewandten Forschung aktiv sind, anzuziehen. Dabei wird auf ausländische Expertise und Investments gesetzt. Ein besonderer Forschungsschwerpunkt im MINT-Bereich sowie das Bestreben, geistiges Eigentum zu kommerziellen Zwecken nutzbar zu machen, sind typische Merkmale (Knight 2014: 34).

Der Hub-Definition von Knight folgend sind es zu einem bestimmten Grad entwickelte, politisch und ökonomisch relativ stabile Länder, in denen sich Education Hubs entwickeln. Diese sind in der Lage, strategisch in die Entwicklung einer „kritischen Masse“, also einer größeren Zahl von lokalen und internationalen Akteuren zu investieren (Knight 2018: 649–651). Somit sind unter den Zielländern für internationale Studierende andere Länder führend als bei den Ländern, in denen International Branch Campi eingerichtet werden. Die bei diesem Ranking führenden Länder könnten als (angehende) Education Hubs gesehen werden. Education Hubs sind in Bezug auf Satellitencampi somit die importierenden Länder (Knight 2018: 652).

Laut des Observatory of Borderless Higher Education (OBHE) und des Cross-Border Education Research Team (C-BERT) an der Pennsylvania State University und der State University of New York at Albany ist die Zahl der **International Branch Campi** (IBC) weltweit von 84.2000 auf 263.2015 angestiegen. Die IBCs befinden sich in 176 Ländern und beherbergen geschätzt 180.000 Studierende. Zwischen 2016 und 2017 sind allerdings nur 11 neue IBCs eröffnet worden, es wird deshalb von einer Abschwächung des Wachstumstrends ausgegangen.<sup>210</sup> 2017 befand sich C-BERT zufolge die höchste Anzahl mit 39 Universitätsablegern in China. Im Rahmen der Belt and Road Initiative wurde hier ebenfalls begonnen, Ableger chinesischer Universitäten in Südasien und Afrika zu gründen, so zum Beispiel ein Campus in Malaysia 2015. China ist damit sowohl Importeur als auch Exporteur von IBC.

<sup>209</sup> Knight, Jane (Hg.) (2014): International Education Hubs. Student, Talent, Knowledge-Innovation Models. Dordrecht, s.l.: Springer Netherlands.

<sup>210</sup> THE, Juni 2019: Are Branch Campuses withering? <https://www.timeshighereducation.com/features/are-branch-campuses-withering>

## Education Hubs im APRA-Raum

### Malaysia

Malaysia ist sehr darum bemüht, im Bereich Forschung und Entwicklung zu den Industrieländern aufzuschließen und zu einem wichtigen regionalen Anbieter tertiärer Bildung zu werden. Das Ziel, ein Education Hub zu werden, wurde zuletzt im „Malaysia Education Blueprint 2015–25 (Higher Education)“ explizit benannt. Der tertiäre Bildungssektor wurde verstärkt ab Mitte der 1990er Jahre in den Fokus genommen, um dem Brain-Drain entgegenzuwirken, nachdem das Land Abwanderung insbesondere von Akademikern erfahren hatte. Ein Studium im Ausland wird in Malaysia als prestigeträchtiger und qualitativ hochwertiger als ein Inlandsstudium betrachtet, und die Chancen auf dem Arbeitsmarkt werden danach als höher eingeschätzt. Auch können die staatlichen Universitäten nur einen Bruchteil der Bewerber/innen aufnehmen. Ein ethnisches Quotensystem, das Malaien und Indigene bevorzugt, führt darüber hinaus dazu, dass Studieninteressierte der chinesischen und indischen Ethnien vermehrt im Ausland studieren (BSA DAAD S.29). Es galt folglich, das eigene Angebot zu ergänzen und für die eigenen Studierenden attraktiver zu machen und gleichzeitig Studierende aus dem Ausland zu gewinnen.

1996 wurde der National Council on Higher Education Act verabschiedet. Die Asienkrise 1997 sorgte zudem dafür, dass nur noch wenige eine Ausbildung im Ausland finanzieren konnten. Man versuchte, den lokalen Bildungsmarkt zu fördern und den Anforderungen internationaler Studierender zu entsprechen. Die Etablierung von International Branch Campi (IBCs) war ein wichtiger Teil der Strategie: Mit der verstärkten Förderung von sogenannten „twinning-arrangements“ entstanden Kooperationen zwischen Malaysia und Ländern aus dem Westen. Um die Entwicklung des tertiären Bildungssektors voranzutreiben, ließ die malaysische Regierung privaten Institutionen freie Hand dabei, eine eigene Infrastruktur und internationale Kooperationen aufzubauen. 2006 nannte der damalige Vize-Bildungsminister bereits das Ziel, Malaysia zu einem „educational hub of world class

standard in the region“ zu machen.<sup>211</sup> Mit dem 2007 verabschiedeten National Higher Education Strategic Plan 2020, der vier Etappen bis zum Jahr 2020 und darüber hinaus umfasst, wurde der Bildungssektor weitreichend reformiert. Er umfasst sieben Schlüsselmaßnahmen, von denen eine die Intensivierung der Internationalisierung ist, unter der auch das Ziel, Malaysia als ein Education Hub zu etablieren, genannt wird. Konkret wurde dies mit dem numerischen Ziel verbunden, bis 2020 200.000 internationale Studierende zu immatrikulieren und unter die sechs wichtigsten Gastländer internationaler Studierender weltweit zu kommen (Aziz/Abdullah 2014: 105–107).<sup>212</sup>

Der „Malaysia Education Blueprint 2015–25“ sieht u. a. vor, verschiedene Industrien im Bildungs-, Forschungs- und Lehrbereich einzubinden, um Wirtschaft und Bildungsbereich stärker miteinander zu verknüpfen. Außerdem sollen Visabestimmungen für internationale Studierende vereinfacht, die Sichtbarkeit Malaysias mithilfe von Bildungsmessen verbessert und ein stärkerer Fokus auf die Einbindung neuer Felder und die Förderung von Innovation gelegt werden. Eine bessere Zusammenarbeit zwischen Bildungsstätten und Ministerien soll die Umsetzung der Pläne sicherstellen. Dabei spielt Qualitätssicherung eine bedeutende Rolle, da private Anbieter durch nun verpflichtende nationale Akkreditierungsverfahren Standards unterworfen wurden. Die Einhaltung der Qualitätsstandards wird von einer Akkreditierungsbehörde überwacht. Malaysia verfügt zudem über einen Qualifikationsrahmen, durch den Qualifikationen innerhalb des Bildungssystems bzw. ihnen zugrundeliegende Leistungsniveaus transparent nachvollziehbar sind. Der ehemalige Bildungsminister Idris Jusoh (bis Mai 2018 im Amt) sah in ökonomischen und geopolitischen Entwicklungen in den USA und Europa, insbesondere im Brexit und den antimuslimischen Maßnahmen Donald Trumps, eine Gelegenheit für Malaysia, noch stärker internationale Studierende anzuziehen.<sup>213</sup> Ausgehend vom bereits Erreichten soll das Vertrauen weiterer (muslimischer) Partnerländer erlangt werden, das Malay-

<sup>211</sup> <https://www.thestar.com.my/news/nation/2006/02/12/ministry-to-review-five-higher-education-frameworks/>

<sup>212</sup> Aziz, Mohd Ismail Abd und Doria Abdullah (2014): Malaysia: Becoming an Education Hub to Serve National Development. In: Knight, Jane (Hg): International Education Hubs. Student, Talent, Knowledge-Innovation Models. Dordrecht: Springer.

<sup>213</sup> The Pie News, Dezember 2017: Can US and Europe geopolitical trends bolster Malaysia's rise to education hub? <https://thepie-news.com/analysis/can-malaysias-rise-to-regional-education-hub-continue/>

sia die Transformation von einem Gastland internationaler Studierender zu einem genuinen Talent Hub ermöglicht.

Es haben sich in Malaysia zwei Zentren für Bildung (inländische Hubs) gebildet:

Am Standort **EduCity Iskandar Puteri** im Staat Johor finden sich acht ausländische Campi<sup>214</sup> aus verschiedenen Ländern, die jeweils einen anderen Fachbereich abdecken. Im Gesamtkonzept der seit 2006 neu geschaffenen Stadt Iskandar Puteri stellt die etwa 123 Hektar umfassende EduCity einen eigenen Stadtteil für Bildungseinrichtungen dar. Die ansässigen Einrichtungen sind überwiegend IBC aus Großbritannien, den Niederlanden und Singapur, die jeweils den Abschluss der Heimatuniversität anbieten. Die Regierung von Johor hat die Entwicklung von Iskandar, die sowohl in- als auch ausländische Investoren angezogen hat, stark unterstützt, u. a. auch durch Steuervorteile (Aziz/Abdullah 2014: 114). Der Standort beheimatet Universitäten und Forschungseinrichtungen und ermöglicht den Austausch zwischen Industrie und Academia. Außerdem bietet er Unterkünfte, Freizeiteinrichtungen und Sportanlagen. Konzipiert von privaten Investoren soll EduCity Iskandar Malaysias nachhaltigste und lebenswerteste Stadt bis 2025 werden und Studierende und Forschende aus der ganzen Welt anlocken, um in Malaysia Entwicklungen voranzutreiben. Ein Hauptargument für diesen Ort ist die geographische Lage im Zentrum Südostasiens, insbesondere die Nähe zu Singapur, da dort ansässige Studierende durch die geringeren Kosten eines Studiums in Malaysia angezogen werden können. Außerdem ist die Ansammlung von wichtigen internationalen Institutionen ein wichtiger Standortfaktor.

Der Standort **Pagoh**, auch bekannt als „Bandar Universiti Pagoh“ oder „Pagoh Higher Education Hub“, wurde 2012 initiiert und beherbergt vier verschiedene nationale Bildungs- bzw. Forschungseinrichtungen, darunter die UTM, die zu den fünf führenden „Research Universities“ des Landes gehört. Der

Schwerpunkt des Studienangebots liegt auf den Ingenieur- und Naturwissenschaften, im Vergleich zur EduCity ist das Angebot weniger klar nach Institutionen aufgeteilt bzw. voneinander abgesetzt. Die Institutionen bilden gewissermaßen einen Science Education Hub (lediglich die International Islamic University Malaysia (IIUM) hat ihren Schwerpunkt in den Bereichen Sprache und Tourismus) und teilen sich Räumlichkeiten wie Bibliotheken, Schulungsräume, Sportplätze und Kongresshallen. Die IIUM ist eine renommierte internationale Universität (und die einzige Universität in Malaysia, bei der nicht nur das komplette Lehrangebot, sondern auch die Verwaltung vollständig auf Englisch funktioniert). Die Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM) sucht sich am deutschen Fachhochschulkonzept zu orientieren. Pläne des Bildungsministers für die Weiterentwicklung Pagohs vom November 2018 beinhalten die Anwerbung von IBCs beispielsweise aus Indonesien, Südkorea oder Japan, um internationale Studierende dazu zu motivieren, nach Pagoh zu kommen<sup>215 216</sup>.

#### Universitäten und Fächerangebot

Die wichtigsten Universitäten Malaysias im QS-Ranking sind die Universiti Malaya (UM), die Universiti Putra Malaysia (UPM), die Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) und die Universiti Sains Malaysia (USM). Alle gehören zu den fünf „Research Universities“, die vom malaysischen Bildungsministerium gesondert gefördert werden. Wenn man einen Querschnitt durch das Fächerangebot der wichtigsten Universitäten in Malaysia zieht, wird ein Schwerpunkt auf Medizin, Naturwissenschaften und Technik deutlich. Seit den Reformen im Hochschulsystem wurde Englisch in mehr und mehr Fächern als Unterrichtssprache angeboten, insbesondere in den Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie in Informatik und Medizin. An den führenden Universitäten erfolgt das Studienangebot weitestgehend auf Englisch. An der Universiti Malaya wird darauf hingewiesen, dass für einen Abschluss die Teilnahme an einem „Malay Language Program“ obligatorisch ist. In einigen Fächern, wie z. B. Agrarwissenschaften und nationale Lehrerbildung,

<sup>214</sup> Newcastle University Medicine Malaysia, University of Southampton Malaysia, Multimedia University, University of Reading Malaysia, Netherlands Maritime Institute of Technology, Management Development Institute of Singapore, Raffles University Iskandar, Marlborough College Malaysia and Raffles American School.

<sup>215</sup> University World News, Nov. 2018 [https://www.universityworldnews.com/post.php?story=20181116080546694\\_3](https://www.universityworldnews.com/post.php?story=20181116080546694_3)

<sup>216</sup> Die Errichtung weiterer IBC wurde zwischenzeitlich auch kritisch gesehen – so verkündigte der damalige Bildungsminister Jusoh 2017 einen Zulassungsstopp für neue IBC. Sein Nachfolger hieß jedoch im November 2018 private und internationale Universitäten willkommen (The Pie News, Nov. 2017: <https://thepienews.com/news/malaysia-imposes-moratorium-on-new-uni-campuses/>).

gibt es spezifische Anforderungen in Bezug auf Kenntnisse der Landessprache. Im Zuge der Reformen im Bildungssystem in den 1990er Jahren wurden eine Reihe privater Hochschulen gegründet (bis heute über 50), um das Bildungssystem entsprechend der „Vision 2020“ zu ergänzen. Die privaten Universitäten nutzen durchgehend Englisch. Da an den staatlichen Universitäten das ethnische Quotensystem beibehalten wurde, das es an den privaten nicht gibt, entwickelte sich eine Tendenz der Verteilung der Studierenden entlang ethnischer Zugehörigkeiten (vgl. BSA DAAD 2017). Die in Malaysia ansässigen IBC bieten ein breites Fächerspektrum, wobei Studiengänge in Business und Accounting sowie Engineering besonders häufig angeboten werden.

### Marketing

Malaysia betreibt internationales Hochschulmarketing mit einer eigenen Kampagne „education Malaysia“. Die Selbstvermarktung Malaysias spiegelt die oben beschriebenen Aspekte wider: So werden auf der Seite „Studymalaysia.com“ 20 Gründe genannt, die bei der Wahl eines Studienlandes für Malaysia sprechen.<sup>217</sup> Neben der allgemeinen Beliebtheit bei internationalen Studierenden (belegt durch die Platzierung im UNESCO-Ranking von 2014, in dem Malaysia auf Platz 12 der beliebtesten Zielländer lag) wird das breite Spektrum an Auswahlmöglichkeiten für ausländische Studierende bei der Wahl der Hochschule angeführt (genannt werden private Universitäten, private Colleges und International Branch Campi) sowie die Möglichkeit, durch das Studium an einer privaten Universität in Malaysia den Weg an eine andere internationale Universität zu finden. Auch werden die IBC beworben, indem auf die Möglichkeit hingewiesen wird, den gleichen Abschluss zu geringeren Gebühren zu erwerben (als an der Ursprungsuniversität). Neben Qualitätssicherung und Englisch als Unterrichtssprache werden auch die geringen Lebenshaltungskosten in Malaysia sowie die Möglichkeit, während des Studiums zu arbeiten, als Vorteile aufgeführt.

TABELLE 24: Malaysia: Top-15 Herkunftsländer 2017

LAND	ANZAHL	ANTEIL IN %
Bangladesch	28.456	28,24
Nigeria	11.052	10,97
China	10.880	10,80
Indonesien	5.823	5,78
Pakistan	4.454	4,42
Jemen	4.152	4,12
Sudan	2.514	2,49
Indien	2.263	2,25
Libyen	2.213	2,20
Sri Lanka	1.795	1,78
Syrien	1.546	1,53
Südkorea	1.491	1,48
Ägypten	1.365	1,35
Malediven	1.323	1,31
Iran	1.313	1,30
<b>Gesamt</b>	<b>100.765</b>	<b>100,00</b>
<b>Anteil APRA in %</b>		<b>23,59</b>
<b>Anteil ASEAN in %</b>		<b>9,77</b>
<b>Anteil Referenzländer in %</b>		<b>0,62</b>

Quelle: UNESCO Studierendenstatistik, DAAD Berechnungen

### Internationale Studierende in Malaysia

Im Jahr 2017 kamen 100.765 internationale Studierende nach Malaysia. In den letzten fünf Jahren ist ein Anstieg von fast 80% zu verzeichnen, ein höherer prozentualer Anstieg als China in diesem Zeitraum aufweist (+ 77% im Vergleich zu 2012). Im Vergleich zu 2016 ist die Zahl allerdings leicht zurückgegangen (- 10%). Betrachtet man die Herkunftsländer der internationalen Studierenden in Malaysia im Jahr 2017, wird der Fokus auf Länder mit muslimischer Bevölkerung deutlich: Unter den 15 wichtigsten Herkunftsländern, die 80% aller internationalen Studierenden auf sich vereinen, sind 11 muslimische Staaten (dazu kommen mit Indien, Sri Lanka und China drei Staaten mit muslimischer Minderheit). Den höchsten Anteil an allen internationalen Studierenden in Malaysia

217 <https://www.studymalaysia.com/international/why-study-in-malaysia/why-make-malaysia-your-destination-of-choice-when-studying-abroad>

hat Bangladesch mit rund 28%, gefolgt von Nigeria und China mit je 11%. Rund 24% der internationalen Studierenden kommen aus anderen APRA-Ländern, rund 8% aus ASEAN-Ländern. Die Referenzländer USA, Kanada, Großbritannien, Frankreich und Deutschland machen zusammen lediglich rund 0,6% aus.

### Südkorea

Im Gegensatz zu Malaysia gibt es in Südkorea keine expliziten koordinierten Bestrebungen, sich als ein Education Hub zu etablieren, d.h. es wurde keine offizielle Strategie seitens der Regierung formuliert. Die Entwicklung des Bildungssektors in Südkorea und die von der dortigen Regierung getroffenen Maßnahmen legen dennoch eine Einordnung im Sinne der zugrunde gelegten Definition nahe. In den letzten 10 Jahren ist ein deutlicher Zuwachs internationaler Studierender zu verzeichnen. Ziel der Regierung ist es, bis 2023 200.000 internationale Studierende zu erreichen. Für 2017 verzeichnete das regierungsnahe National Institute for International Education (NIIE) 123.850 Studierende, von denen 70.232 zum Erwerb eines Abschlusses eingeschrieben sind.

### Maßnahmen

Ein wichtiger Antrieb für Investitionen Südkoreas in den Bildungssektor und die Aufnahme ausländischer Anbieter war das Verhältnis von ausreisenden zu einreisenden mobilen Studierenden, da noch 2008 dreimal mehr koreanische Studierende das Land für ein Auslandsstudium verließen, als internationale Studierende ein Studium in Südkorea aufnahmen. Eine zentrale Maßnahme, die zur Internationalisierung Südkoreas im Bildungsbereich beitragen soll, ist eine Ausweitung des Angebots englischsprachiger Studiengänge, insbesondere in den MINT-Fächern. Das Fächerangebot der Top-Universitäten in Südkorea spiegelt diese Strategie wider: Das größte Angebot englischsprachiger Kurse ist in den Natur- und Ingenieurwissenschaften zu verzeichnen.

Vor dem Hintergrund der alternden Gesellschaft in Südkorea wird Internationalisierung auch zur Lösung von Struktur- und Finanzierungsschwierigkeiten der

Universitäten forciert. Seit 1999 wird die Etablierung von international wettbewerbsfähigen Exzellenzuniversitäten vorangetrieben, darunter das „Brain Korea 21 Project“ und das „World Class Universities Project“ (2008–13), mit denen die Regierung und die National Research Foundation (NRF) die Forschung an den Hochschulen fördern. Das Brain Korea 21 Program for Leading Universities & Students (BK21 PLUS) stärkt gezielt die Graduiertenschulen der Universitäten und befindet sich derzeit in seiner dritten Phase (Projektlaufzeit 2013–20). In den 19 Projektjahren wurden bzw. werden voraussichtlich rund 208 Mio. Euro investiert. Gefördert werden soll vor allem die Ausbildung auf Master- und Doktorandenlevel in konvergierenden Fachgebieten, wobei insbesondere Kreativität zur Gewinnung neuen Wissens und neuer Technologien betont wird.<sup>218</sup> Im Fokus des „World Class University Project“ stand die Gewinnung von Lehrkräften aus dem Ausland sowie das Bestreben, durch verstärkte Kooperation mit internationalen Forschenden und Netzwerken den Aufbau forschungsstarker Abteilungen zu beschleunigen. 88% der Fördergelder wurden in den Bereich „Science and Technology“ investiert (Kang 2015: 174 f.).<sup>219</sup> Die Top-Universitäten und viele Kooperationen konzentrieren sich auf die Metropole Seoul und die bekannten Universitäten. Mit dem Projekt University for Creative Korea, das 2014–18 umgesetzt wurde, um die Hochschulen in den Regionen zu stärken, kamen 107 Universitäten Fördermittel zugute. Koreanische Universitäten konnten in den letzten Jahren einen Aufstieg im QS- und THE-Ranking verzeichnen, Kritiker sehen durch den finanziellen Druck der Maßnahmen der Regierung die Autonomie der koreanischen Hochschulen verletzt (vgl. auch Länderbericht Südkorea).

2012 wurde das International Education Quality Assurance System (IEQAS) eingeführt, das u.a. das Image und die Wettbewerbsfähigkeit Koreas als Studienstandort verbessern und das internationale Vertrauen in die koreanische Hochschulbildung erhöhen soll. 2015 beschloss das Ministry of Education (MOE), alle Universitäten zu evaluieren, um die Qualität der Hochschulbildung zu verbessern und die Hochschulen auf den Rückgang der Studierendenzahlen

<sup>218</sup> National Research Foundation of Korea, BrainKorea21 Plus (<https://bkplus.nrf.re.kr/sub01/sub101/list.do>) vgl. auch <https://www.kooperation-international.de/>

<sup>219</sup> Kang, Jean S. (2015): Initiatives for Change in Korean Higher Education: Quest for Excellence of World-Class Universities. International Education Studies, Vol. 8 No. 7.

vorzubereiten. Die Anzahl der Studienplätze und die finanzielle Unterstützung der Regierung werden bis 2023 reduziert. Es werden jedoch gleichzeitig gezielt Universitäten mit Programmen gefördert, die sich entsprechend den Bedürfnissen von Gesellschaft und Industrie reformieren, und besonders die Natur- und Ingenieurwissenschaften gestärkt.<sup>220</sup>

Die Internationalisierungsbemühungen im Hochschulbereich seitens der südkoreanischen Regierung spiegeln sich außerdem in verschiedenen Initiativen und Projekten wider: So sollen mit dem „Study Korea Project“ internationale Studierende, beispielsweise durch Messen, angeworben werden. Das Förderprogramm der südkoreanischen Regierung „Global Korea Scholarship Program“ bietet darüber hinaus Stipendienmöglichkeiten für Studieninteressierte (Jon et al. 2014: 694).<sup>221</sup> Diese beiden Projekte werden vom „National Institute for International Education (NIIED)“ koordiniert, dessen Fokus bei der Internationalisierung des Bildungssektors auf der Ausbildung global wettbewerbsfähiger Führungskräfte liegt.<sup>222</sup>

### Marketing

Als wichtigste Gründe, die für Südkorea als Studienland sprechen, werden auf der Internetseite „Studykorea.co.kr“ die Unterstützungsprogramme der Regierung und das koreanische Bildungssystem („highly competitive“) sowie Technologie auf höchstem Niveau genannt, aber auch weiche Faktoren wie die weltweite Popularität der südkoreanischen Popkultur und die von internationalen Studierenden hoch eingestufte Lebensqualität dienen als Aushängeschilder. Zuletzt wird der Übergang vom „Leistungsempfänger zum Spender“ genannt, was eine Erwartungshaltung an die zukünftigen Alumni, vielleicht nach US-amerikanischem Vorbild, andeutet.

Wenngleich die südkoreanische Regierung selbst nicht von Education Hub spricht, können zwei Projekte als Education Hubs auf städtischer oder regionaler Ebene gesehen werden: a) Jeju Global Education City (JGEC) und b) Incheon Global Campus (IGC).

a) Die JGEC ist Teil eines Projekts einer freien Wirtschaftszone (free economic zone) auf der Insel Jeju im Süden Südkoreas. Im Zentrum des Projekts stehen Bildungs- und Kulturangebote zur Förderung der englischen Sprache. Bisher wurden vier englischsprachige Schulen dort angesiedelt, bis 2021 sollen dort noch drei weitere eröffnet werden. Ziel ist es, mit dem Angebot einerseits koreanische Schüler/innen im Land zu halten, die möglicherweise ins Ausland gegangen wären, um ihre Englischkenntnisse zu verbessern und internationale Erfahrungen zu sammeln. Andererseits sollen internationale Interessierte durch die Möglichkeit, auf Englisch zu studieren, angezogen werden. Allerdings wird kritisiert, dass die hohen Gebühren der dort angesiedelten Schulen den Zugang auf Kinder aus wohlhabenden Elternhäusern begrenzt. Darüber hinaus soll der Knotenpunkt die regionale Wirtschaft fördern, Arbeitsplätze schaffen und ausländische qualifizierte Arbeitskräfte anziehen (Dou und Knight 2014: 170). Der Plan, auch Universitäten auf Jeju anzusiedeln, ist bisher anscheinend noch nicht umgesetzt worden. Der Jeju Science Park, der als „Korea's Silicon Valley“ vermarktet wird, ist als Standort für wissensbasierte Industrien konzipiert und soll u. a. Start-ups fördern (business incubator). Der Fokus liegt auf „sauberer“ Informations- und Biotechnologie.<sup>223</sup>

b) Die Incheon Free Economic Zone (IFEZ) weist durch die Nähe zum Flughafen Incheon sowie die Nähe zu Seoul eine gute Anbindung an die wichtigen Zentren Ostasiens auf. Incheon Global Campus (IGC) liegt innerhalb der IFEZ und beheimatet derzeit vier verschiedene International Branch Campi (IBC), darunter der Ghent University Global Campus, an denen sowohl koreanische als auch internationale Studierende eingeschrieben sind. Ihr Studienangebot deckt jeweils verschiedene Fachbereiche ab.<sup>224</sup> Es wird betont, dass neben dem Abschluss, der dem der Heimatuniversität entspricht, auch die Qualität des Studiums durch Lehrkräfte aus der Ursprungsuniversität sichergestellt werde.<sup>225</sup> Darüber hinaus sollen Kooperationen mit der Industrie den Studienstandort

<sup>220</sup> GATE-Länderprofil Südkorea (S. 15–16).

<sup>221</sup> Jae-Eun Jon, Jenny J. Lee & Kiyong Byun (2014: 694): The emergence of a regional hub: comparing international student choices and experiences in South Korea.

<sup>222</sup> NIIED: <http://www.niied.go.kr/user/nd38788.do>

<sup>223</sup> Jeju Science Park: <https://english.jdcenter.com/business/sice/jejusp1.cs>

<sup>224</sup> Website des Incheon Global Campus <http://www.igc.or.kr/en/university01.do>

<sup>225</sup> <http://www.igc.or.kr/en/igc01.do>

attraktiv machen. Die Zone gilt als Hub für Industriebereiche wie Biotechnologie, 5G-Telekommunikation, IT und Künstliche Intelligenz sowie als Zentrum für Logistik und Tourismus.<sup>226</sup>

### Universitäten und Studienangebot

In Südkorea gibt es insgesamt 226 Universitäten, die zu 80% privat sind, aber ebenfalls staatlich gefördert werden. Im weltweiten Vergleich des QS-Hochschulrankings 2020 steht die im südkoreanischen Vergleich erstplatzierte KAIST auf Platz 41. Im QS World University Ranking (2007–14) konnten die Seoul National University (SNU), das Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) sowie die privaten Pohang University of Science and Technology (POSTECH), Yonsei University and Korea University ihre Platzierungen in den Jahren 2007 bis 2012 verbessern.

Auf dem Incheon Global Campus (IGC) bietet die Stony Brook University (SBU) Fächer wie Mathematik, Informatik und Maschinenbau, das Fashion Institute of Technology (FIT) Studiengänge im Bereich Mode und Informatik an. Beide gehören zur State University New York (SUNY). Die George Mason University Korea hat einen Fokus auf Business und Management, während die belgische Ghent University eine kleine Auswahl an naturwissenschaftlichen Studiengängen (Umwelt, Nahrung und Molekularbiologie) anbietet. Der Satellitencampus der University of Utah verfügt über ein diverses Fächerangebot aus Kommunikationswissenschaften, Psychologie, Film und Medien, Public Health, Urban Ecology und Biomedizinische Informatik. Einige Universitäten haben ihr Angebot bereits komplett auf Englisch umgestellt, z. B. KAIST und UNIST, bei anderen Universitäten besteht noch Nachholbedarf. Die häufig guten Koreanisch-Kenntnisse der internationalen Studierenden aus China (die die größte Gruppe darstellen) haben die Notwendigkeit eines Ausbaus des Studienangebots in englischer Sprache bisher begrenzt.

### Internationale Studierende

Südkorea hat in den letzten zehn Jahren einen Anstieg der Zahlen internationaler Studierender um 122% zu verzeichnen. Nachdem die Zahl zwischen 2011 und 2014 rückläufig war, hat sich dieser Trend gewendet und Südkorea steht mit 70.796 Inbound-Studierenden im Jahr 2017 auf Platz fünf unter den APRA-Län-

dern. Dabei kommen 76% der ausländischen Studierenden aus APRA-Ländern, wobei 62% auf China als dem mit Abstand wichtigsten Herkunftsland entfallen. An zweiter und dritter Stelle unter den Herkunftsländern stehen Vietnam (rund 7%) und die Mongolei (rund 4%).

TABELLE 25: Südkorea: Top-15 Herkunftsländer 2017

TOP 15 HERKUNFTSLÄNDER	ANZAHL	ANTEIL IN %
China	44.163	62,38
Vietnam	4.656	6,58
Mongolei	2.707	3,82
Usbekistan	1.716	2,42
Japan	1.455	2,06
USA	1.190	1,68
Pakistan	1.020	1,44
Indonesien	919	1,30
Indien	775	1,09
Malaysia	740	1,05
Bangladesch	737	1,04
Kasachstan	659	0,93
Nepal	600	0,85
Kanada	572	0,81
Philippinen	467	0,66
<b>Gesamt</b>	<b>70.796</b>	<b>100,00</b>
<b>Anteil APRA in %</b>		<b>75,92</b>
<b>Anteil ASEAN in %</b>		<b>11,27</b>
<b>Anteil Referenzländer in %</b>		<b>2,87</b>

Quelle: UNESCO Studierendenstatistik, DAAD Berechnungen

### Südkorea als Education Hub

Südkorea hat schrittweise Maßnahmen eingesetzt, ein Education Hub zu werden, ohne dass den Initiativen eine übergreifende nationale Strategie zugrunde liegt. Nach Dou und Knight (2014: 169) sind die Motive Südkoreas typisch für einen Education Hub, wie die Bemühungen, ausländische Studierende zu gewinnen, mehr Einkommen für die Hochschulen zu generieren und Brain-Drain mithilfe von IBC zu unterbinden bzw. zu verringern. Südkorea lässt

226 News World (25.08.2019): <http://newsworld.co.kr/detail.htm?no=5748>

sich unter diesen Gesichtspunkten als Student Hub bezeichnen, die gesteckten Ziele, z. B. in Bezug auf Infrastruktur für Wissenstransfer und Innovation, gehen jedoch darüber hinaus. Ob sich Südkorea als Talent oder Knowledge Innovation Hub etablieren kann, hängt auch davon ab, ob die aktuellen regionalen Projekte und Initiativen weiterhin eher unabhängig voneinander existieren oder ob sie von politischer Seite koordiniert werden. Das Fehlen einer umfassenden Strategie wird u. a. auf die zahlreichen involvierten Akteure im Bildungssektor sowie auf Landesebene und regionaler Ebene zurückgeführt (Dou und Knight 2014: 172). Auch muss die Nachhaltigkeit der bisherigen Maßnahmen und die tatsächliche Realisierung der gesteckten Ziele beobachtet werden. So war für den Incheon Global Campus die Rekrutierung von insgesamt zehn IBC geplant (Dou und Knight 2014: 169), bis heute sind jedoch lediglich die seit 2012 existierenden vier Campi dort ansässig.

### Singapur

In Singapur als Stadtstaat ohne eigene Rohstoffe wurde Englisch sowohl aus politischen als auch ökonomischen Gründen als Arbeitssprache und erste Unterrichtssprache im Schulsystem etabliert. Für Studierende aus Vietnam, Thailand, Indonesien und Malaysia wurde Singapur eine bezahlbarere Alternative zu den klassischen englischsprachigen Zielländern wie Australien und die USA. Das Niveau in den Bereichen Umweltschutz, Bildung und Sicherheit ist hoch. In Singapur verfolgte man politisch die Strategie „to get them young“ und schuf Stipendien auch für Oberschüler/innen, die bereits ihren Schulabschluss in Singapur erwerben und sich mit der Gesellschaft Singapurs solidarisieren und akkulturieren konnten (Sidhu et al. 2014: 124). Seit 1997 bemüht sich Singapur, ausländische Universitäten ins Land zu holen, damals mit dem Ziel, nach zehn Jahren zehn Institutionen zu beherbergen, was zunächst sogar übertrumpft wurde. Seit 2002 wird der Ausdruck Education Hub offiziell verwendet. Die Entwicklung mit dem Ziel, zu einer „knowledge based economy“ zu werden, hatte bereits in den 1980er Jahren begonnen, ab 1991 konzentrierte man sich verstärkt darauf, hochqualifizierte Personen aus dem Ausland in die Gesellschaft einzugliedern (Sidhu et al. 2014: 125). Das 2003 vorgestellte Global Schoolhouse Project (GSP) beinhaltete drei wesentliche Maßnahmen: Neben der Strategie, Eliteuniversitäten nach Singapur zu holen, sollten möglichst viele ausländische Studierende für ein Stu-

dium in Singapur gewonnen und eine unternehmerische Mentalität in die Institutionen gebracht werden. „Singapore Education“ sollte als Branding für Singapur als Hub dienen, um internationale Studierende aufmerksam zu machen. Im Gegensatz zu anderen regionalen Hubs setzte die Global Schoolhouse Initiative auf die Förderung von sowohl Lehre als auch Forschung (Knight 2011: 597). Durch internationale Studierende, Forschende und Fachkräfte soll Singapur sich zu einem „global talent hub“ entwickeln und auf diese Weise auch einem Brain-Drain entgegenwirken. Diese Bemühungen sind der Wirtschaftspolitik und der Regierungsagenda untergeordnet, deren Fokus auf dem Erhalt des Wirtschaftswachstums liegt (Sidhu et al. 2014: 139). Allerdings nahm die Zahl der ausländischen Universitäten wieder ab, da Einrichtungen schließen mussten, die nicht die geplanten Ziele erreichten, z. B. in Bezug auf die Doktorandenzahlen am biomedizinischen Forschungsinstitut der Johns Hopkins University im Jahr 2006. Im Fall der University of Chicago's Booth School of Business war 2013 die größere Nähe zu China ausschlaggebend für den Wegzug nach Hong Kong.

Bis zum Jahr 2015 sollten 150.000 internationale Studierende nach Singapur kommen. 2010 waren nach Regierungsangaben 90.000 Studierende zum Studium im Land. Das Projekt wurde jedoch 2011 nach Parlamentswahlen beendet, nachdem Konkurrenz sowohl bei der Studienplatzvergabe als auch auf dem Arbeits- und Wohnungsmarkt für Ärger in der Bevölkerung sorgten und die gesellschaftliche Akzeptanz schwand. Bis heute sind die Zahl internationaler Studierender und die Regierungsausgaben ein sensibles Thema. So musste der Bildungsminister in diesem Jahr die Ausgaben für internationale Studierende rechtfertigen und versichern, dass einheimische Studierende Vorrang haben. Nach der Finanzkrise 2008 begann sich die Global Schoolhouse Initiative auf für die Industrie und die Wirtschaft relevante Potenziale zu konzentrieren sowie darauf, Talente im Land zu halten. Der Wechsel des Fokus kann hier als Übergang zum Talent bzw. Innovation Hub gesehen werden. Zur Regulierung und Überprüfung privater Anbieter im Bildungsbereich wurde 2009 der „Private Education Act“ verabschiedet, der eine Überprüfung z. B. in Hinblick auf das Bildungsangebot und die finanzielle Ausstattung vorsieht. Um der Schließung weiterer Bildungsinstitutionen besser vorbeugen zu können, wurde mithilfe des „Committee for Private Education“

die sogenannte „EduTrust Certification“ eingeführt. Durch das Zertifikat soll die Qualität der verschiedenen internationalen Institutionen in Singapur besser kontrolliert werden – so müssen diese z.B. zunächst ein Startkapital von 100.000 US-Dollar vorweisen.

Eine weitere Initiative der Regierung Singapurs ist die sogenannte „SkillsFuture“ Organisation. Sie bietet allen Bürgern Singapurs Weiterbildungsmöglichkeiten im Sinne des lebenslangen Lernens unter dem Motto „Your skills. Your asset. Your Future“ an. Finanzielle Mittel werden an die teilnehmenden Bürger/innen sowie auch an die Bildungseinrichtung vergeben. Die Organisation hat beispielsweise im Bereich der Unterstützung von kleinen und mittelständischen Unternehmen Kooperationen mit Bosch Rexroth (Deutschland) initiiert, von denen man sich die Förderung besonderer Talente sowie Vorteile für eigene Projekte erhofft. SkillsFuture bietet auch ein „Bootcamp for Engineer 4.0“, das Absolvent/innen in Intensivkursen mit spezifischen Inhalten zu beruflichen Funktionen und Aufgaben den Einstieg in den Arbeitsmarkt erleichtern soll.

Singapur kooperiert bei Patentanmeldungen in vergleichsweise hohem Maß international (s.o.), worin sowohl die starke Außenorientierung deutlich wird als auch das Behaupten als regionaler Standort für multinationale Unternehmen. Singapur muss seine Position als digitale „smart nation“ angesichts wachsender Konkurrenz verteidigen. Als Vorbild kann der Stadtstaat mit knappen Ressourcen auch angesichts der weltweit voranschreitenden Urbanisierung und der Ressourcenverknappung dienen, in Hinblick auf eine nachhaltige, ökologische, menschenfreundliche Umsetzung.

#### Universitäten und Fächerangebot

Die Hochschullandschaft Singapurs besteht aus sechs Hochschulen, darunter eine private Universität. Die drei Top-Universitäten sind die National University of Singapore (NUS), die Nanyang Technological University (NTU) und die Singapore Management University, wobei die beiden erstgenannten im weltweiten QS-Ranking den 11. Platz erreichten.

Die NUS sieht sich als führende forschungsorientierte Universität und beherbergt neben 30 universitären Forschungsinstituten und Zentren auch drei von Singapurs fünf Research Centres of Excellence (RCEs)

– spezialisiert auf Quantentechnologien, Krebsforschung und Mechanobiologie. Diese Zentren werden von der National Research Foundation (NRF) und dem Bildungsministerium (Ministry of Education, (MOE)) finanziert. Mithilfe der RCEs sollen an den Universitäten international sichtbare und konkurrenzfähige Forschungs- und Ausbildungseinrichtungen etabliert werden, die mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen und der Wirtschaft kooperieren (vgl. DAAD Bildungssystemanalyse 2017). Die derzeit 11 IBC bieten ein breites Fächerspektrum, wobei ein Schwerpunkt auf Business Administration und Management liegt. Bereits 2002 eröffnete die TU München gemeinsam mit der National University Singapur (NUS) das German Institute of Science and Technology – TUM Asia in Singapur als ersten eigenständigen Ableger einer deutschen Universität im Ausland. Das Institut bietet Studiengängen mit Doppelabschluss bis hin zur Promotion an. Singapur hat außerdem selbst jeweils einen IBC in Malaysia und Usbekistan eröffnet.

#### China

China weicht in Hinblick auf seinen Status als Education Hub in einigen Punkten von der Definition Knights ab, muss aufgrund seiner zunehmenden Bedeutung für Mobilität von Studierenden und Anbietern von Hochschulbildung aber dennoch in diesem Zusammenhang betrachtet werden. Internationale Studierende sind Teil von Chinas Softpower-Strategie und dienen nicht primär zur Generierung von Einnahmen durch Studiengebühren. Darüber hinaus hat China inzwischen mit der Eröffnung von IBC begonnen, selbst die Studienangebote anderer Länder zu ergänzen und damit seinen Einfluss auszuweiten.

Eine Studie zu internationalen Studierenden an Universitäten in Beijing (Wen und Hu 2018) ergab, dass als wichtigstes Motiv für die Wahl von China als Studienland die Qualität bzw. der Rang und der Ruf der Hochschule ausschlaggebend war. Allerdings war dies nicht bei Studierenden aus Nordamerika, Europa, Japan und Subsahara-Afrika der Fall. Finanzielle Gründe wie die Möglichkeit, großzügige Stipendien zu erhalten, aber auch die ökonomische Stärke Chinas und damit verbundene Kooperationen und mögliche Karriereperspektiven im Heimatland spielen zusätzlich eine wichtige Rolle. Politische Gründe wie Benachteiligung an öffentlichen Einrichtungen im Heimatland haben chinesische Minderheiten in Ländern wie Malaysia, Indonesien und Vietnam zur

Wahl Chinas bewogen. Soziale und kulturelle Aspekte wurden besonders von Studierenden aus asiatischen Ländern deutlich weniger als Motiv genannt als der Ruf der Universitäten und finanzielle Gründe. Innerhalb dieser Kategorie spielte für die internationalen Studierenden die Geschichte und traditionelle Kultur Chinas eine weitaus wichtigere Rolle als der Wunsch, ein Verständnis der gegenwärtigen Gesellschaft und Kultur Chinas zu erlangen. Aus dem qualitativen Teil der Studie ging zudem die Motivation hervor, sich mit der Wahl Chinas von anderen im Heimatland abheben zu können. Als Education Hub wird China ähnlich wie die anderen genannten Beispielländer als regionaler Hub angesehen, da es sich bei der großen Mehrheit um internationale Studierende aus asiatischen Ländern handelt (Wen und Hu 2018: 9, 16)

Dies spiegelt sich auch in einer Datenauswertung des CSIS wider, nach der das Land immer mehr wegen technischer Studiengänge gewählt wird, während der (nach wie vor mit 40% beträchtliche) Anteil derer, die zwecks Sprachstudium nach China kommen, rückläufig ist. Ihr Anteil hat sich seit 2012 um 15% verringert. Laut dem MOE sind Medizin, Ingenieurwissenschaften und Wirtschaftswissenschaften die beliebtesten nicht-sprachbezogenen Fächer internationaler Studierender. Zudem hat sich die Zahl derer, die im Hauptfach Erziehungswissenschaften, Ingenieurwissenschaften oder Agrarwissenschaften studierten, seit 2012 verdoppelt. Seit 2006 laufen verstärkte Bemühungen um Studierende vom afrikanischen Kontinent, u. a. durch finanzielle Anreize. Die Zahl afrikanischer Studierender wuchs in 13 Jahren (2003–16) um das 34-fache (1.793 im Jahr 2003 auf 61.594 in 2016); die meisten der Studierenden kommen lt. MOE aus Ghana, Nigeria und Tansania.

### Internationale Studierende

Die Zahl internationaler Studierender in China hat sich in den zehn Jahren zwischen 2007 und 2017 (178.271) mehr als vervierfacht (UNESCO). Betrachtet man die Zahlen des MOE, so sind die wichtigsten Herkunftsländer Südkorea (13%), Thailand (6%) und Indien (4%). Der Anteil der APRA-Länder beträgt 36%, der der ASEAN-Staaten 24%.

### Universitäten und Studienangebot

Nach dem QS-Ranking sind die drei wichtigsten Universitäten Chinas die Tsinghua-Universität in Beijing, der Peking-Universität und die Fudan-Universität in

Shanghai, die auch im weltweiten Ranking hohe Platzierungen erlangten (Platz 16, 22 sowie 40). In China spielen Hochschulrankings eine wichtige Rolle. Die beiden ersten Ränge des QS-Rankings sind mit denen des Shanghai-Rankings 2018 identisch. Für das Ranking der vermeintlich besten Forschungsuniversitäten kann das sogenannte „Wu Shulian Ranking“ herangezogen werden, in dem die ersten drei Plätze von der Tsinghua-Universität, der Universität Zhejiang, Hangzhou und der Peking-Universität belegt werden (BSA DAAD). China beheimatete 2017 nach den Vereinigten Arabischen Emiraten mit 39 die höchste Zahl IBC.

**Hong Kong**, das nicht ausführlicher betrachtet wird, gilt ebenfalls als ein bedeutender regionaler Education Hub und nutzte (bisher) hierzu die Nähe zu China. Neben der Strategie „retain talents for the region“ wird Hong Kong die Funktion des „Tors zu China“ zugesprochen. Besonders das englischsprachige Umfeld ist ein wichtiger Faktor für die Attraktivität Hong Kongs als Studienort. Wichtige Eckpfeiler der Bildungspolitik hinsichtlich der Etablierung als „Regional Education Hub“ sind die Internationalisierung und Diversifizierung der Hochschulbildung. Ziel der Education Hub-Initiative ist es, als Finanz-, Handel- und Logistik-Hub zu gelten. Besonders talentierte „nonlocal students“ sollen zudem als zukünftige Arbeitskräfte in Hong Kong gehalten werden. Dazu wurden z.B. Arbeitssuche und -aufnahme für Absolvent/innen vereinfacht (Immigration Arrangements for Non-Local Graduates (IANG) (Mok und Bodycott 2014: 89).

### Einordnung der Ergebnisse

Der zugrunde gelegten Definition des Begriffs folgend ist ein geplantes und strategisches Vorgehen seitens der jeweiligen Regierungen das zentrale Merkmal eines Education Hub, so wie es bei den hier betrachteten Beispielen des APRA-Raums der Fall ist. Während sich in den betrachteten Ländern die Maßnahmen und die dahinterliegenden Motive ähneln, liegen jedoch unterschiedliche Voraussetzungen und Antriebskräfte vor und werden unterschiedliche Zielgruppen angesprochen.

Malaysia, das sich explizit als Education Hub definiert, hat neben den erreichten Standards und Rahmenbedingungen mit der Zielgruppe „muslimische Studierende“ gewissermaßen eine Nische besetzt. Im Fall von Südkorea wird mit 76% ein hoher Anteil der inter-

nationalen Studierenden aus der APRA-Region rekrutiert, sodass hier von einem regionalen Hub gesprochen werden kann. In Konkurrenz tritt es dabei mit Japan, das hier nicht untersucht wurde, aber sogar 80% seiner ausländischen Studierenden aus APRA-Ländern anzieht und hinsichtlich der demographischen Situation große Ähnlichkeiten mit Südkorea aufweist. Japan ist allerdings schon lange ein wichtiges Gastland für internationale Studierende. Der Anteil der internationalen Studierenden an allen Studierenden steigt in beiden Ländern, aber ist in Japan konstant höher (2017 4,3% JP zu 2% KOR). Wenngleich auch Japan ein Incoming-Mobilitätsziel hat und sich verstärkt um internationale Studierende bemüht, liegt keine konzentrierte umfassende nationale Strategie vor, sich als Education Hub zu etablieren.

China kann ggf. als eine Sonderform eines Education Hub bezeichnet werden. Indem es eher strategische als wirtschaftliche Ziele mit der Anwerbung internationaler Studierender verfolgt, hebt es sich von anderen Ländern ab, die sich gezielt als Education Hub aufstellen. Auch die Bandbreite der Herkunftsländer unterscheidet sich, da China vergleichsweise viele Studierende aus afrikanischen Ländern anzieht und unter den hier betrachteten Ländern mit 24% den höchsten Anteil an Studierenden aus ASEAN-Ländern aufweist, um die es mithilfe von Stipendienmöglichkeiten ebenfalls aktiv wirbt.

Im Rahmen der British Council Studie „The Shape of Global Higher Education: International Comparisons with Europe“ wurden Rahmenbedingungen und Größenordnung des internationalen Engagements im Bereich Hochschulbildung in ausgewählten Ländern verglichen (aus dem APRA-Raum ist nur China – und lediglich zu Vergleichszwecken – Teil der Untersuchung). Zentrale Befunde im Bereich der Studierendenmobilität bestätigen die Richtung der Maßnahmen der hier als Education Hubs untersuchten Länder. Ausgewertet wurden Richtlinienpapiere und Dokumente von Ministerien und anderen Einrichtungen im Bereich der Hochschulbildung; ergänzend wurden wissenschaftliche Quellen und Experten hinzugezogen. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass die Attraktivität eines Hochschulsystems für internationale Studierende sehr stark von dem politischen Engagement (policy support) eines Landes abhängt. Zusätzlich besteht laut der Studie ein positiver Zusammenhang zwischen einem hohen Anteil aus-

ländischer Studierender (inbound students) an allen Studierenden und einer ausgeprägten Qualitätssicherung im Bereich der Hochschulbildung: Länder mit hohen Qualitätsstandards verzeichnen höhere Zahlen bei internationalen Studierenden, während umgekehrt Länder mit geringen Standards geringere Inbound-Mobilität aufweisen. Dabei wird China mit seiner hohen absoluten Zahl an internationalen Studierenden, aber einer geringen Qualitätssicherung als Ausnahme bezeichnet (die bei Betrachtung des Anteils aufgrund der hohen Zahl einheimischer Studierender nicht zur Geltung kommt). Für die Incoming-Mobilität gilt zudem: Je größer die politische Unterstützung für internationale Studierende, desto höher ist die Zahl internationaler Studierender. Darunter fallen Visa-Erleichterungen und Arbeitsmöglichkeiten nach dem Abschluss sowie Stipendien. Als ein Indikator für das Commitment der Regierung eines Landes in Bezug auf Internationalisierung werden in der Studie Ausgaben für Marketing und das Vorhandensein eines „Branding“ als Gastland für Hochschulbildung verglichen. Als „Marke“ werden dabei Kampagnen wie „Study in...“ erfasst, wie sie in den hier betrachteten Ländern ebenfalls existieren und welche die Vorteile der Destination hervorheben.

In Deutschland waren 2018 5.843 Studierende aus Südkorea (2,1% aller Bildungsausländer) und 1.365 aus Malaysia (0,5% aller Bildungsausländer) eingeschrieben, aus Singapur lediglich 361 (0,1%) während China mit 36.915 (13%) das wichtigste Herkunftsland ist. Auf der Ebene des akademischen Austauschs im Studium ist auf deutscher Seite noch vergleichsweise geringes Interesse an Malaysia vorhanden. 2018 gingen 93 Studierende aus Deutschland mit dem PROMOS-Programm für einen Studienaufenthalt, 14 für einen Praktikumsaufenthalt nach Malaysia (1,4% aller Geförderten für Praktika und Studienaufenthalte), nach Südkorea gingen 257 bzw. 17 (3,5%), nach Singapur 90 bzw. 30 Personen, nach China 425 bzw. 75 (6,5%). Südkorea und Malaysia ziehen regionale Talente an und streben danach, diese auch längerfristig im Land zu halten und das Potenzial zu nutzen. Inwieweit sich die Entwicklung, insbesondere in Bezug auf die Anwerbung internationaler Studierender, fortsetzt, bleibt abzuwarten.

## Zusammenfassung und Schlussfolgerungen (Education Hubs)

### Übergreifende Erkenntnisse

- Die **von den hier betrachteten Ländern verfolgten Strategien zur Herausbildung von regionalen Bildungs-Knotenpunkten können grundsätzlich als erfolgsversprechend eingeordnet werden**. Ursprünglich stellte vielfach die Bekämpfung von Brain-Drain einen Ausgangspunkt dar.
- Der Übergang von einem reinen Student Hub zu einem Talent oder Innovation Hub findet eher fließend statt. Neben Maßnahmen der Länder spielen für die Mobilitätsentwicklung auch geopolitische Entwicklungen sowie wirtschaftliche Kräfteverhältnisse eine Rolle.
- Die **Mobilitätsbilanzen der untersuchten Länder heben sich von denen anderer APRA-Länder durch eine höhere Ausgewogenheit ab**. Sie liegen zwischen den stark durch Einreisemobilität geprägten Mobilitätsbilanzen der traditionellen Gastländer Australien, Neuseeland und Japan und den durch Ausreisemobilität geprägten Mobilitätsbilanzen der übrigen APRA-Länder. Insbesondere China weist eine sehr erhebliche Ausreisemobilität auf.
- In Singapur liegt der Schwerpunkt auf Forschung und Innovation und weniger auf Studierendenmobilität, die einen Rückschlag erfuhr. Ein durch den demografischen Wandel bedingter Rückgang der einheimischen Studierendenzahlen (ähnlich wie in Südkorea) könnte das Anwerben internationaler Studierender wieder mehr in den Fokus rücken.

### Schlussfolgerungen für Politik und Wissenschaft

- Deutsche Hochschulen, Förderorganisationen und Unternehmen **können in Education Hubs an einem Punkt konzentriert qualifizierte Personen aus einem breiten Länderspektrum erreichen**, die bereits eine internationale Erfahrung gemacht, aber bisher ggf. kein besonderes Interesse an Deutschland gezeigt haben.
- **Einige Hubs mit englischsprachigen Studiengängen können u. a. durch ihre kulturelle Vielfalt auch für deutsche Studierende interessant sein**, die sonst kein asiatisches Zielland wählen würden. Die Qualität des Angebotes sollte dafür jedoch gesichert sein.
- **Malaysia und Südkorea könnten in zukünftigen Mobilitätsprogrammen stärker berücksichtigt werden**, da dort ein wachsender Pool gut qualifizierter Studierender/Absolvent/innen existiert.
- Künftige **Austauschformate mit Singapur sollten v. a. auf den Bereich Forschung abzielen**, der dort im Fokus steht. Zudem könnten mittels neuer, an spezifischen fachlichen Bedarfen ausgerichteter Formate mehr Studierende aus Singapur für einen Aufenthalt in Deutschland gewonnen werden.

### Länderspezifische Erkenntnisse

- In **Malaysia** bilden Studierende aus muslimischen Ländern und China die wichtigste Gruppe der internationalen Studierenden.
- **China und Südkorea** stellen für einander das jeweils wichtigste Herkunftsland internationaler Studierender dar. Südkorea zieht überwiegend Studierende aus APRA-Ländern und der Region an. China weist im Vergleich dazu eine höhere Diversität der auf. Insbesondere zieht es mehr Studierende aus afrikanischen und aus ASEAN-Ländern an.

# Anhang

## Anhang I Methodische Erläuterung: Datenquellen

### EPA Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT)

Die Patentdaten für die Studie wurden aus der „EPA Worldwide Patent Statistical Database“ (PATSTAT) extrahiert, die im halbjährlichen Rhythmus vom Europäischen Patentamt (EPA) aufgelegt wird. PATSTAT ist eine relationale Datenbank mit mehr als 28 Tabellen und Millionen von Einträgen, die auf einem lokalen Server installiert werden. Am Fraunhofer ISI ist sie in Oracle SQL implementiert und umfasst Informationen über veröffentlichte Patente von 83 Patentbehörden weltweit bis zurück in das späte 19. Jahrhundert.

Die Datenbank wird zweimal pro Jahr aktualisiert (April und September). Aufgrund ihres Charakters als relationale Datenbank bietet PATSTAT ein einzigartiges analytisches Potenzial. Zunächst einmal enthält sie alle Informationen, die auf einer Patentanmeldung angegeben sind, d.h. Anmeldebehörden (Patentämter), mehrere patentrelevante Daten (Priorität, Anmeldungs-, Veröffentlichungsdatum), die Art der Anmeldung (Patent, Gebrauchsmuster etc.), Erfinder- und Anmelderadressen, Patentfamilien (INPADOC und DOCDB), Patentklassifikationen (IPC und ECLA), Titel und Zusammenfassung einer Patentan-

meldung, technische Beziehungen und Fortsetzungen, Zitate zu Patenten und zur Nichtpatentliteratur.

Die Standardversion von PATSTAT wird am Fraunhofer ISI durch einige zusätzliche Daten und Informationen ergänzt. Zunächst einmal haben wir eine Reihe von Klassifikationen direkt übernommen, darunter die WIPO-Klassifikation (Schmoch 2008). Zweitens haben wir Informationen über den Rechtsstand aller Patentanmeldungen (Erteilungen, Zurücknahmen, Verweigerungen, Aufrechterhaltung) aus der PRS-Datei (Patent Register Service) des EPA aufgespielt. Drittens haben wir die Datenbank REGPAT der OECD integriert, die Informationen über die Regionen (NUTS) enthält. Viertens haben wir auch die von der K.U. Leuven entwickelten EEE-PPAT-Informationen über die Harmonisierung der Anmeldernamen (Du Plessis et al. 2009; Magerman T. et al. 2009; Peeters B. et al. 2009) aufgenommen, die für die Bereitstellung konsolidierter Listen der Anmelder nach Sektoren/Feldern relevant sind. Schließlich haben wir PATSTAT mit der ORBIS-Firmendatenbank von Bureau van Dijk verknüpft.

### Elsevier Scopus

Die bibliometrische Datenbank, die für die Analyse wissenschaftlicher Publikationen verwendet wird, ist Scopus des Datenbankanbieters Elsevier. Scopus enthält Informationen über wissenschaftliche Artikel, die in etwa 16.000 Zeitschriften weltweit von Autoren aus aller Welt veröffentlicht wurden. Sie umfasst vor allem Zeitschriften aus den Bereichen Naturwissenschaften, Technik und Medizin, aber auch aus den Sozial- und Geisteswissenschaften – wobei die letzteren Bereiche nicht in gleichem Maße abgedeckt sind (Schmoch et al. 2012). Aufgrund der immer noch hohen Lizenzgebühren und einer enormen notwendigen Investition für die Implementierung der Daten-

bank als bibliometrische Datenquelle ist die Verfügbarkeit und effektive Umsetzung der Datenbanken in ihrer Offline-Version – die das volle analytische Potenzial ermöglicht – noch immer auf eine kleine Anzahl von Instituten in Europa und sogar weltweit beschränkt.

Auf der Grundlage dieser Datenbank ist eine detaillierte Analyse der wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Zitate für jedes Land der Welt möglich. Das Fraunhofer ISI hat eine Oracle-SQL-Version dieser Datenbank implementiert und die Datenbank systematisch um weitere Daten und Informationen

ergänzt. Zu den Erweiterungen gehört die Regionalisierung (NUTS1, NUTS2 und NUTS3) der EU-28 Mitgliedsländer. Darüber hinaus können wir Definitionen

von Disziplinen/Bereichen oder des Wissenschaftssystems im Allgemeinen anwenden.

## Referenzen

### zu PATSTAT

Du Plessis, M.; Van Looy, B.; Song, X.; Magerman, T. (2009): Data Production Methods for Harmonized Patent Indicators: Assignee sector allocation, EUROSTAT Working Paper and Studies Luxembourg.

Magerman T.; Grouwels J.; Song X.; Van Looy B. (2009): Data Production Methods for Harmonized Patent Indicators: Patentee Name Harmonization, EUROSTAT Working Paper and Studies Luxembourg.

Peeters B.; Song X.; Callaert J.; Grouwels J.; Van Looy B. (2009): Harmonizing harmonized patentee names: an exploratory assessment of top patentees, EUROSTAT Working Paper and Studies Luxembourg.

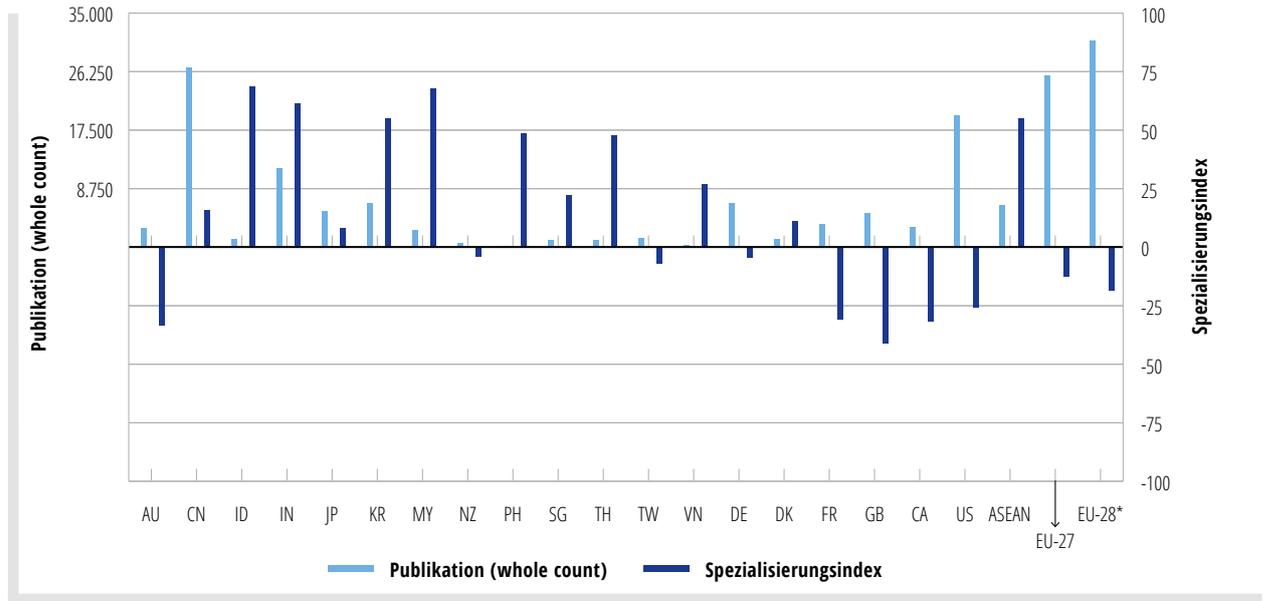
Schmoch, U. (2008): Concept of a Technology Classification for Country Comparisons. Final Report to the World Intellectual Property Office (WIPO), Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

### zu Scopus

Schmoch, U.; Michels, C.; Neuhäusler, P.; Schulze, N. (2012): Performance and Structures of the German Science System 2011, Germany in international comparison, China's profile, behaviour of German authors, comparison of Web of Science and Scopus, Studien zum deutschen Innovationssystem No. Studie 9–2012, Berlin: Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI).

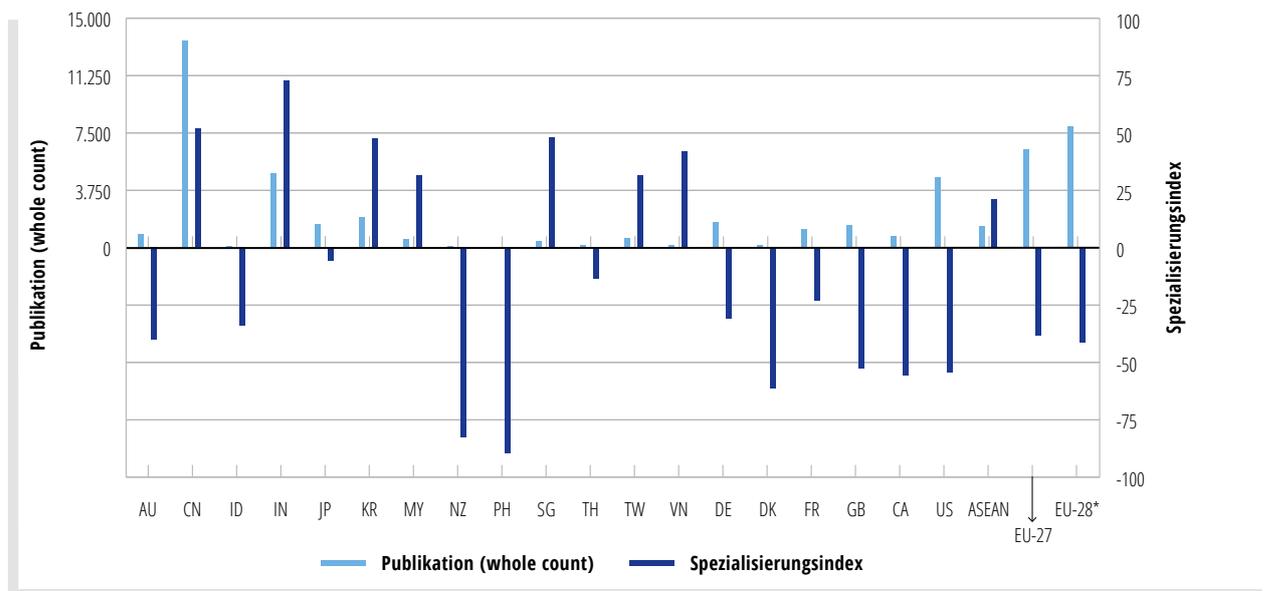
## Anhang II Relevanz der Schlüsseltechnologien in APRA-Ländern

**ABBILDUNG A1: Publikationen KETS – industrielle Biotechnologie, Summe 2016–18**



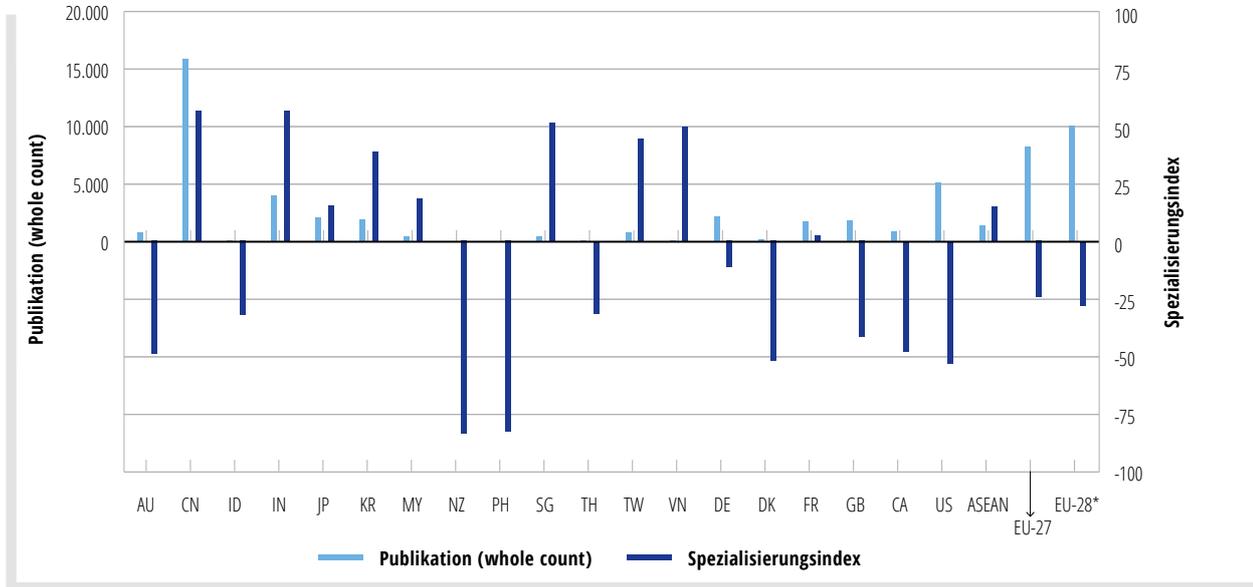
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A2: Publikationen KETS – Nanotechnologie, Summe 2016–18**



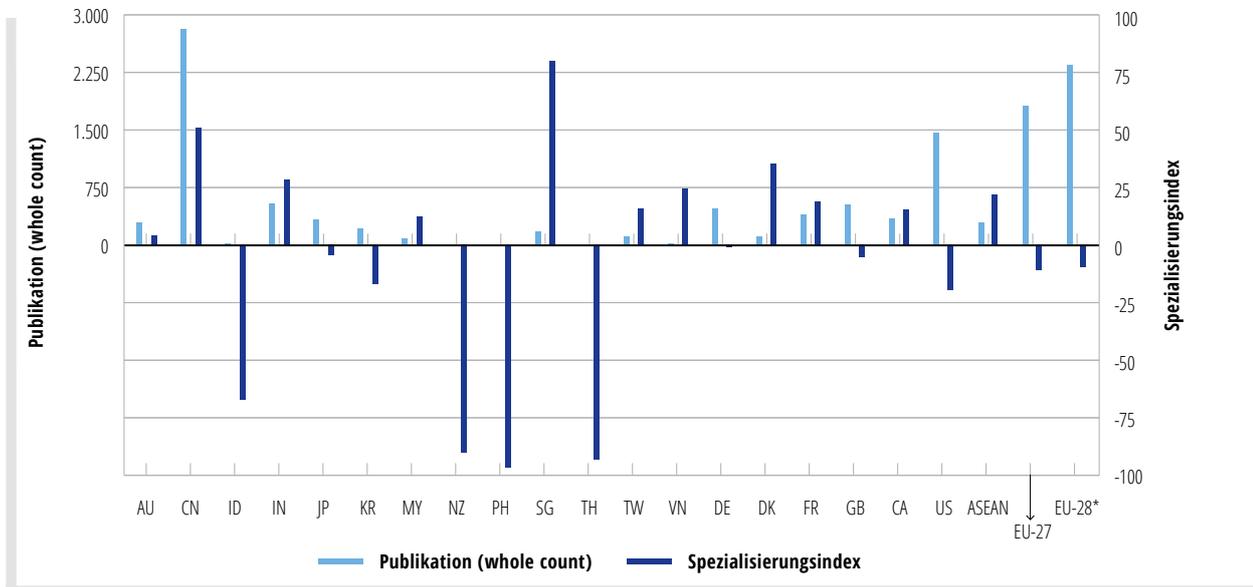
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

ABBILDUNG A3: Publikationen KETS – Mikro- und Nanoelektronik, Summe 2016-18



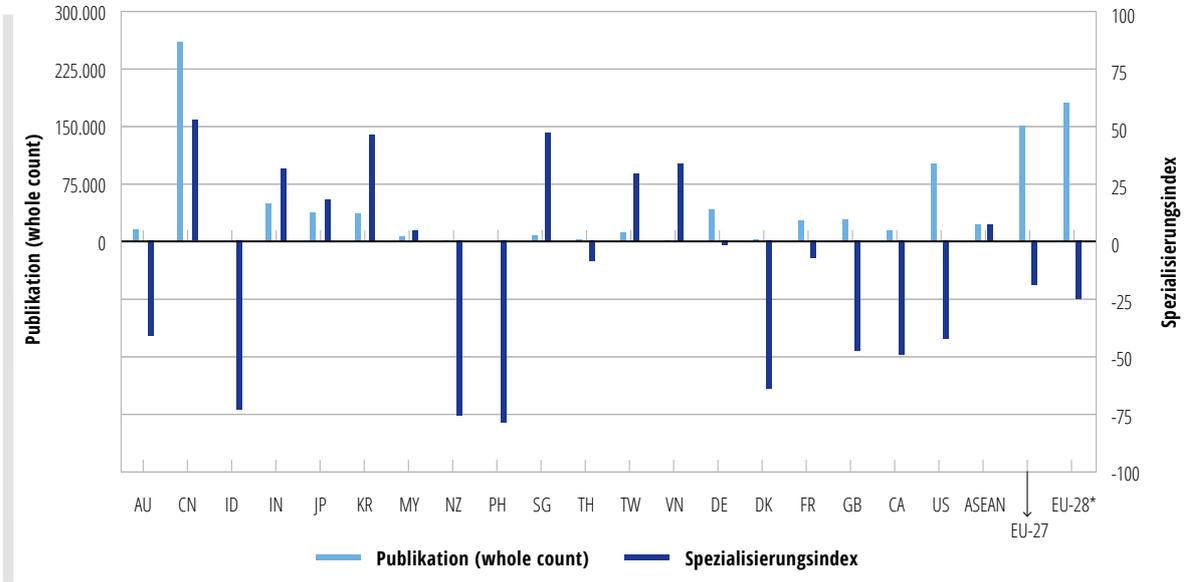
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

ABBILDUNG A4: Publikationen KETS – Photonik, Summe 2016-18



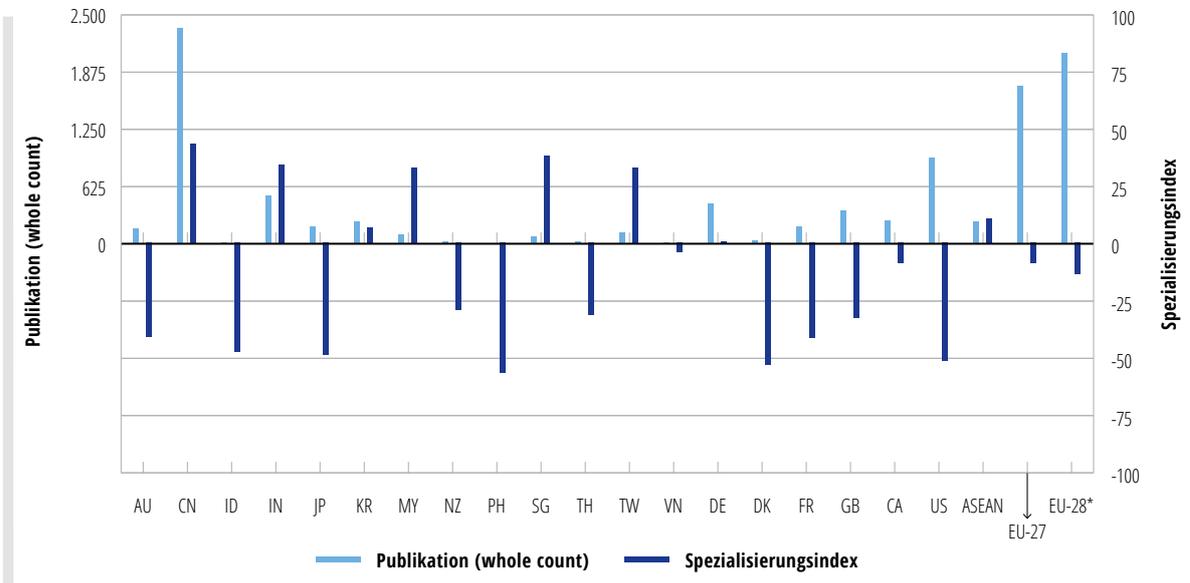
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A5: Publikationen KETS - neuartige Werkstoffe, Summe 2016-18**



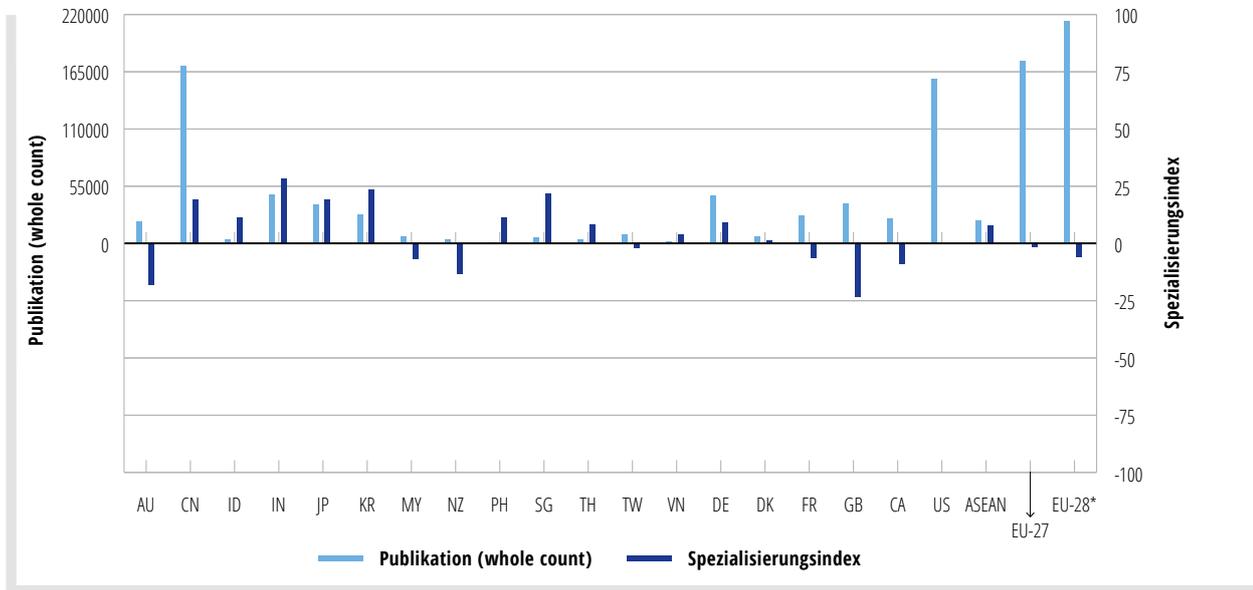
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A6: Publikationen KETS - neuartige Fertigungstechnologien, Summe 2016-18**



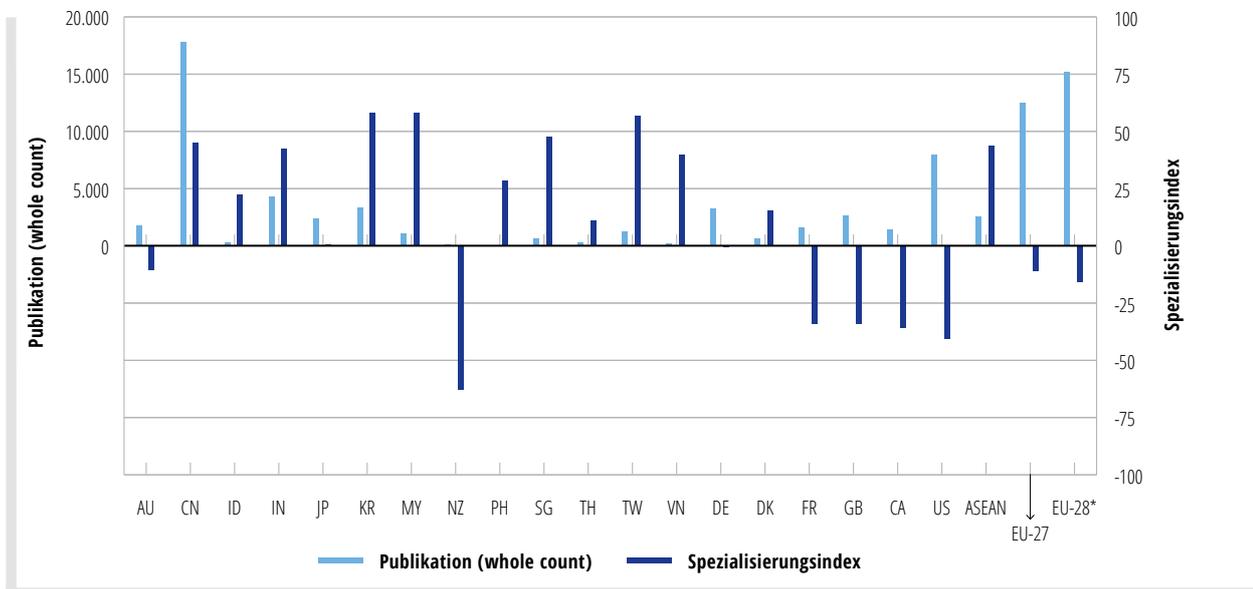
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

ABBILDUNG A7: Publikationen Bioökonomie, Summe 2016-18



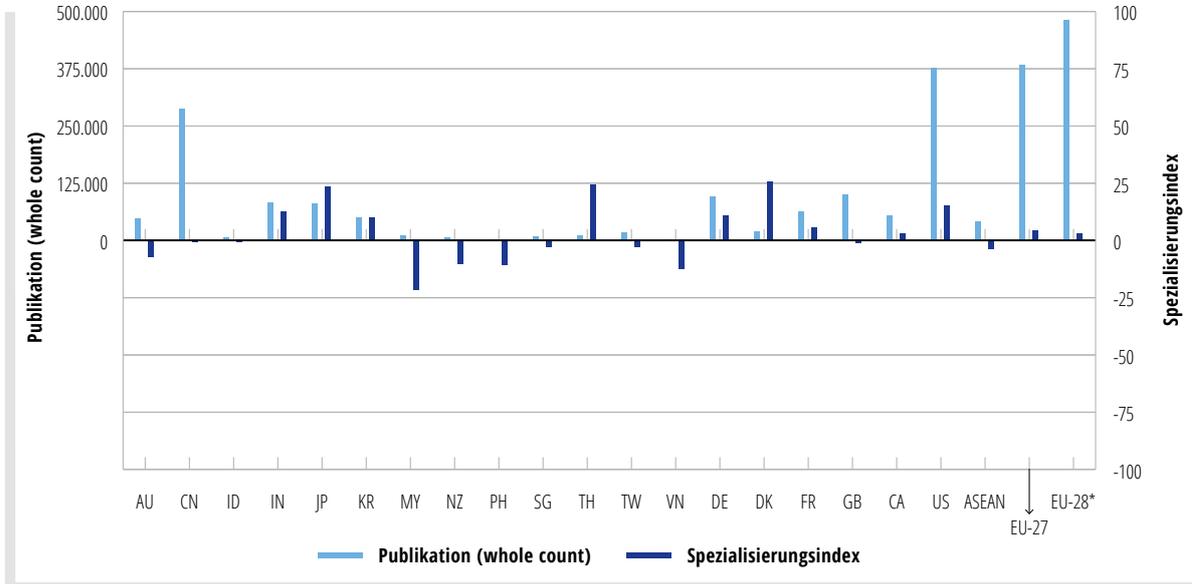
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

ABBILDUNG A8: Publikationen erneuerbare Energien, Summe 2016-18



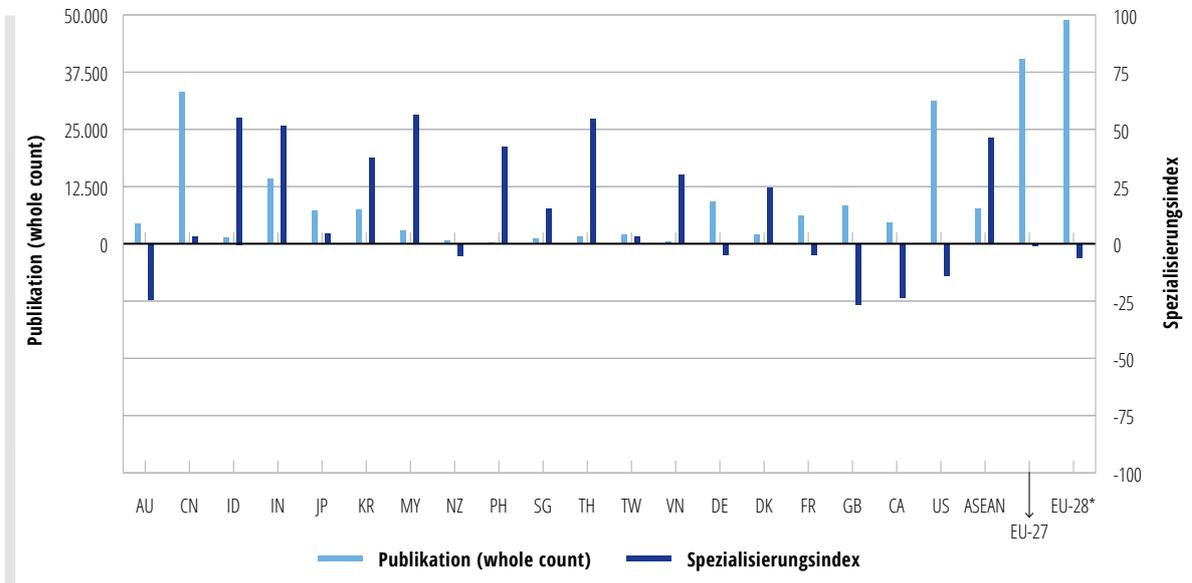
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A9: Publikationen Lebenswissenschaften, Summe 2016-18**



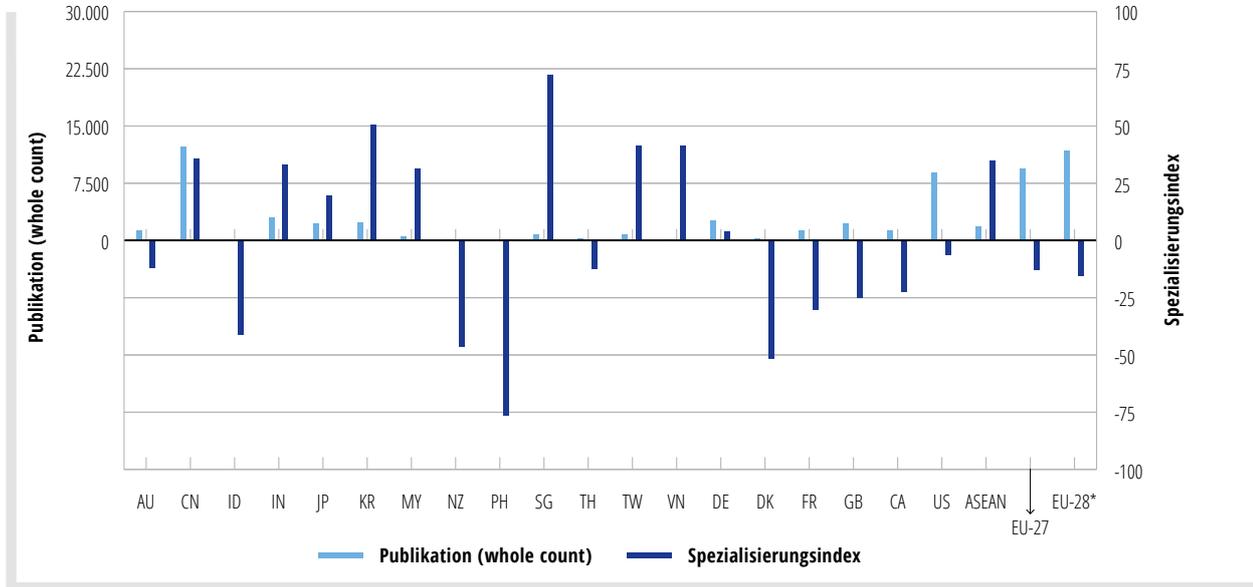
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A10: Publikationen medizinische Biotechnologie, Summe 2016-18**



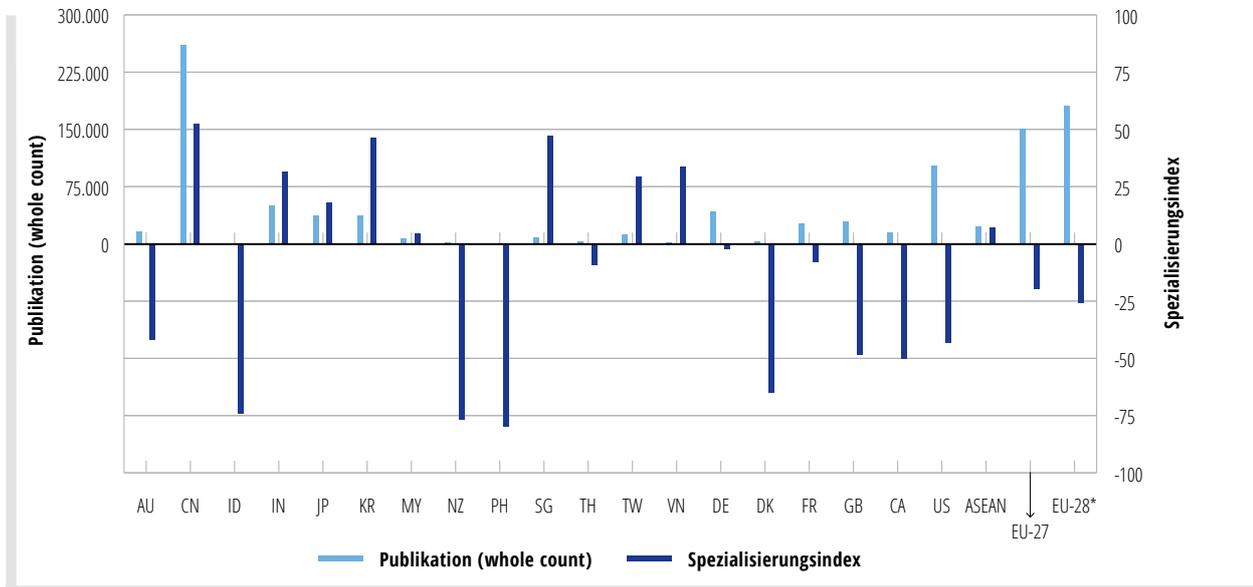
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A11: Publikationen Biomaterialien, Summe 2016-18**



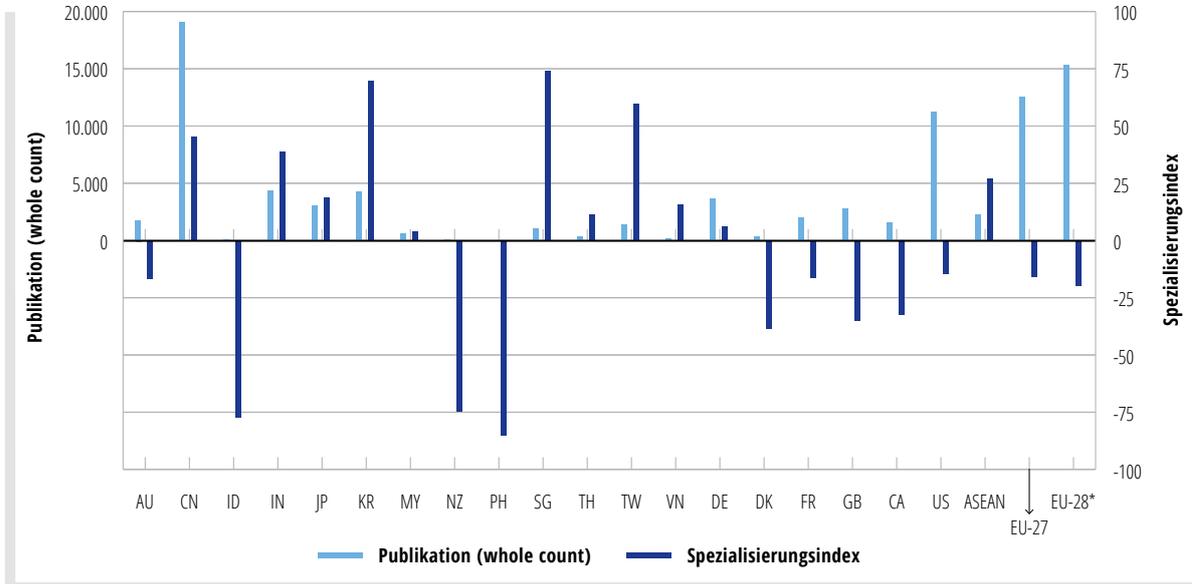
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A12: Publikationen Materialwissenschaften, Summe 2016-18**



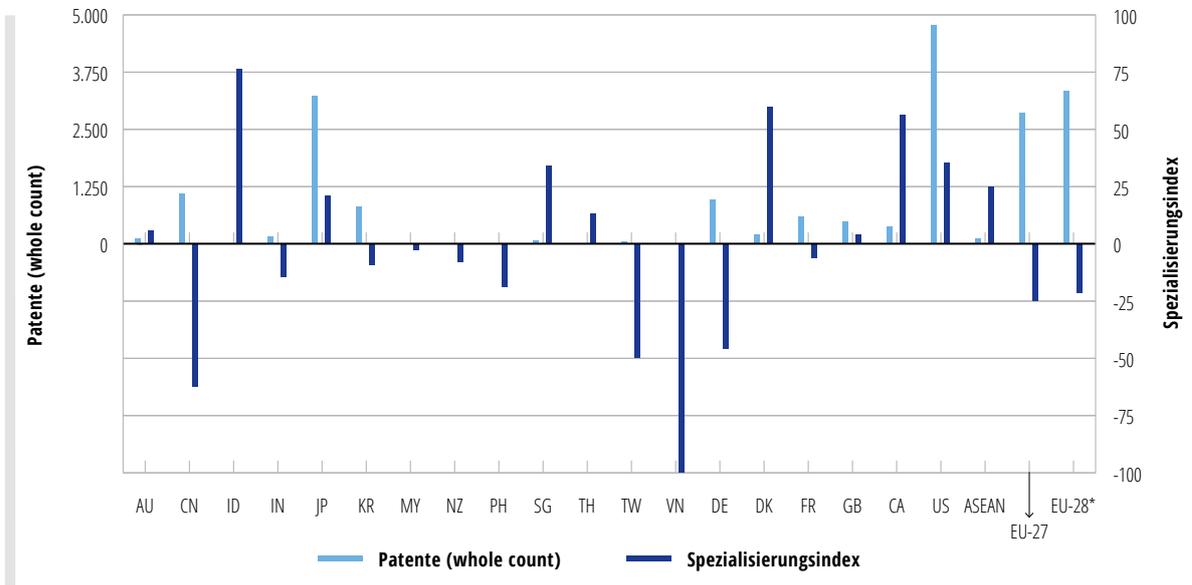
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A13: Publikationen Batterietechnologien, Summe 2016-18**



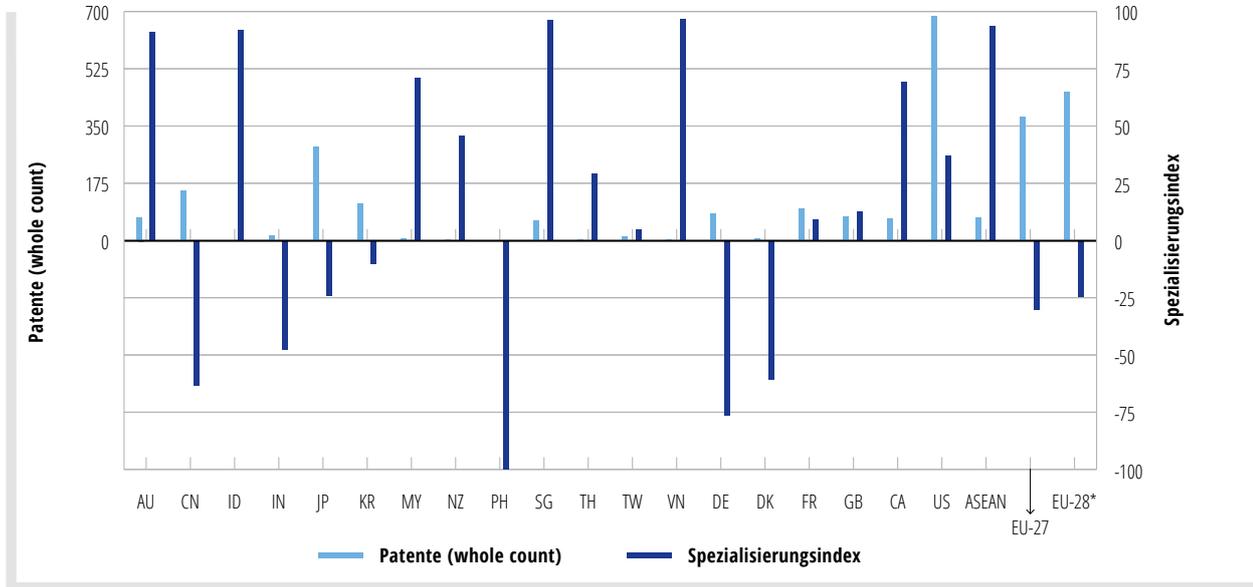
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A14: Patentanmeldungen KETS - industrielle Biotechnologie, Summe 2015-17**



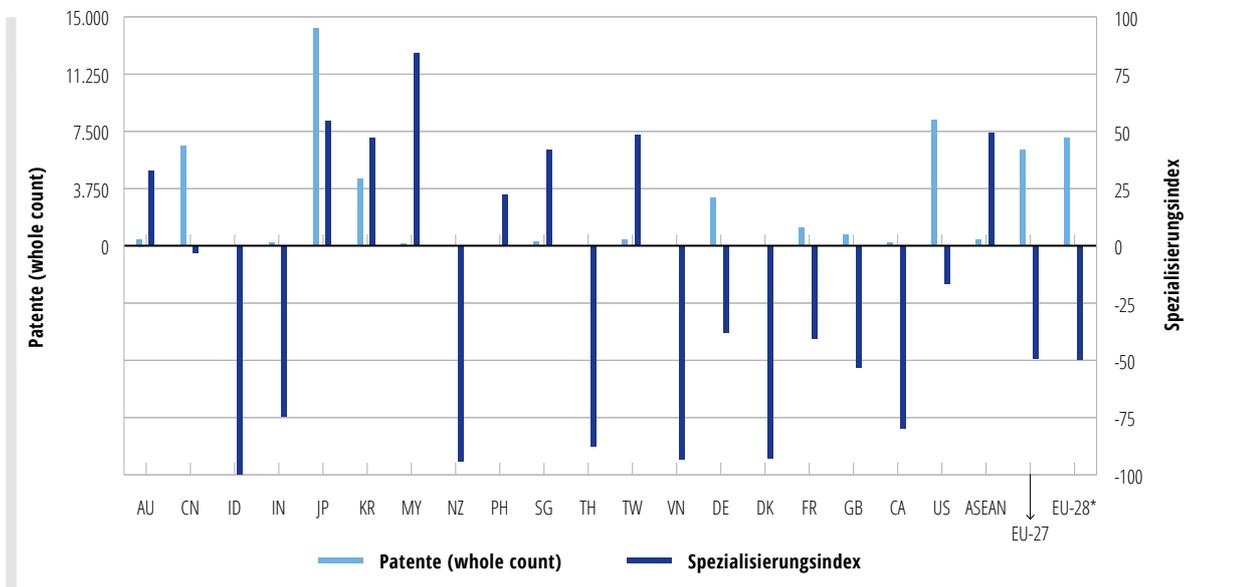
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

ABBILDUNG A15: Patentanmeldungen KETS – Nanotechnologie, Summe 2015–17



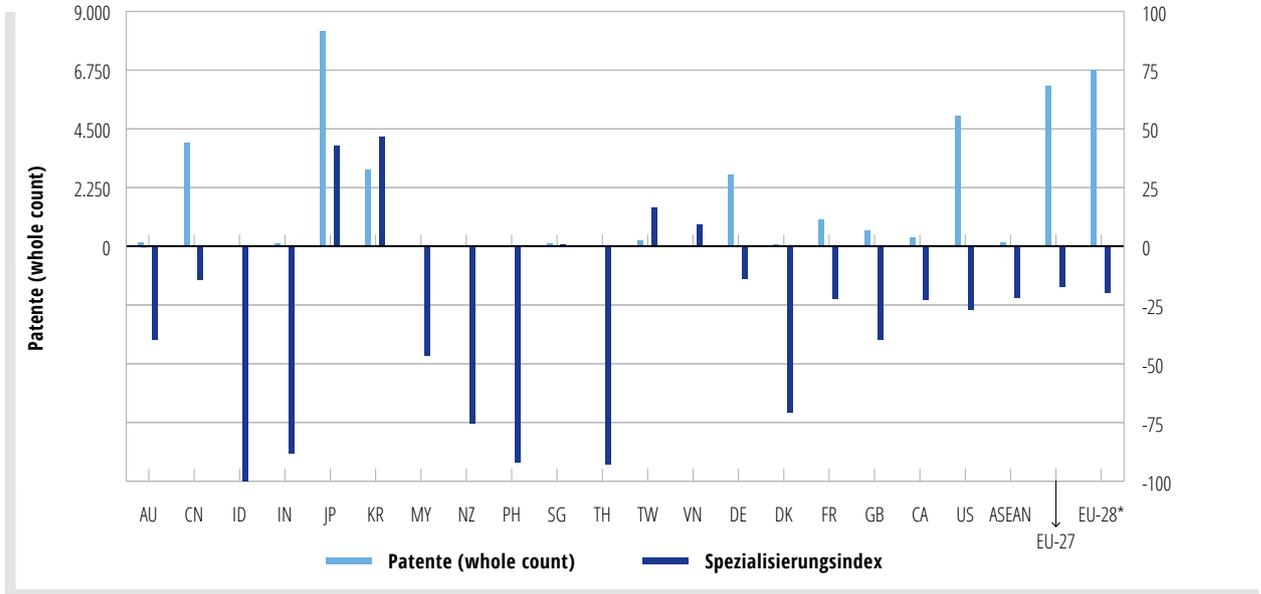
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

ABBILDUNG A16: Patentanmeldungen KETS – Mikro- u Nanoelektronik, Summe 2015–17



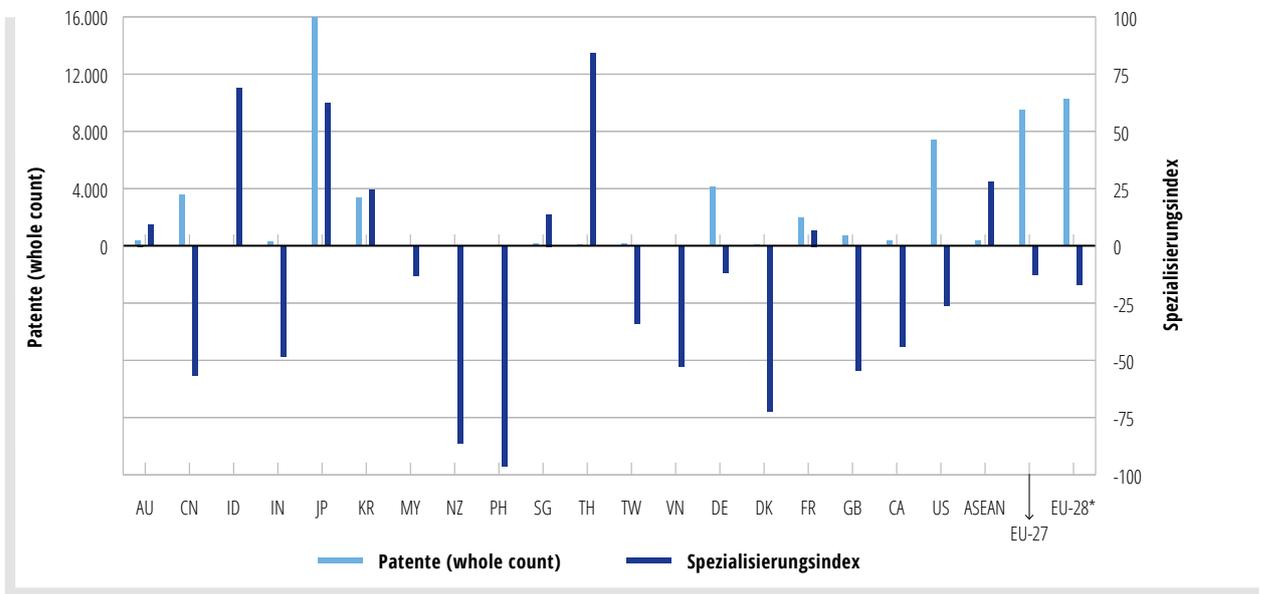
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

ABBILDUNG A17: Patentanmeldungen KETS - Photonik, Summe 2015-17



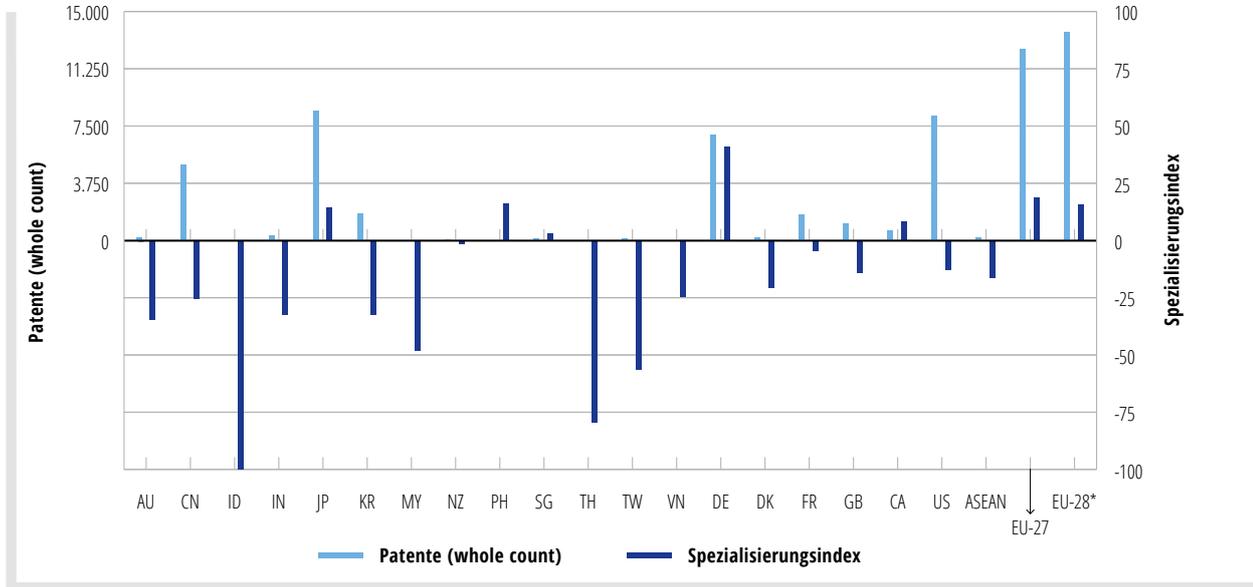
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

ABBILDUNG A18: Patentanmeldungen KETS - neuartige Werkstoffe, Summe 2015-17



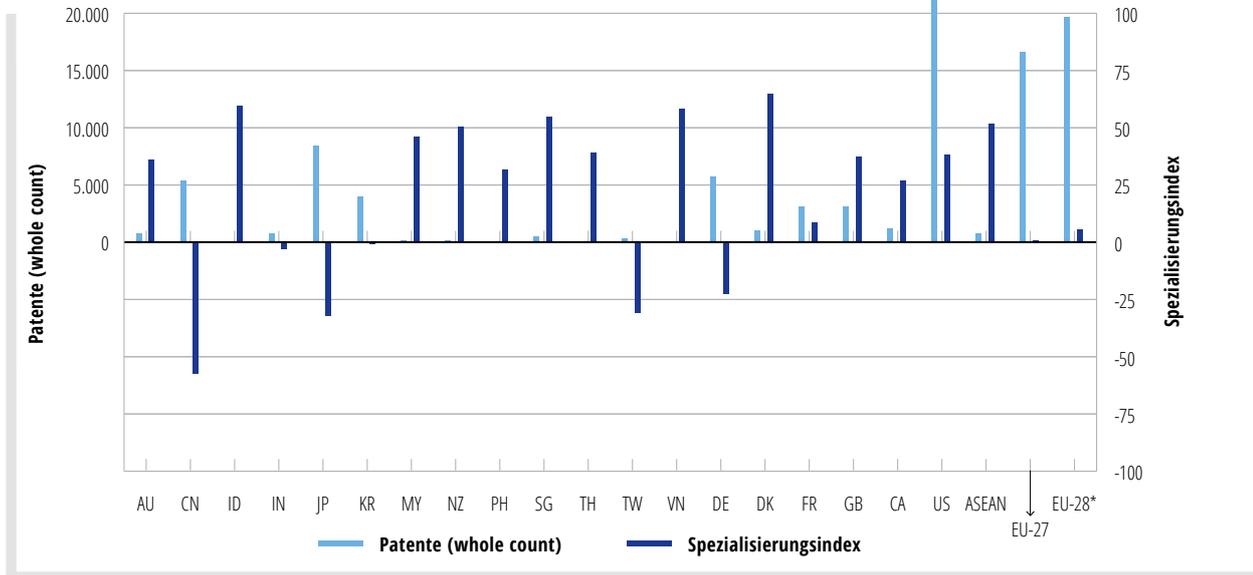
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

**ABBILDUNG A19: Patentanmeldungen KETS - neuartige Fertigungstechnologien, Summe 2015-17**



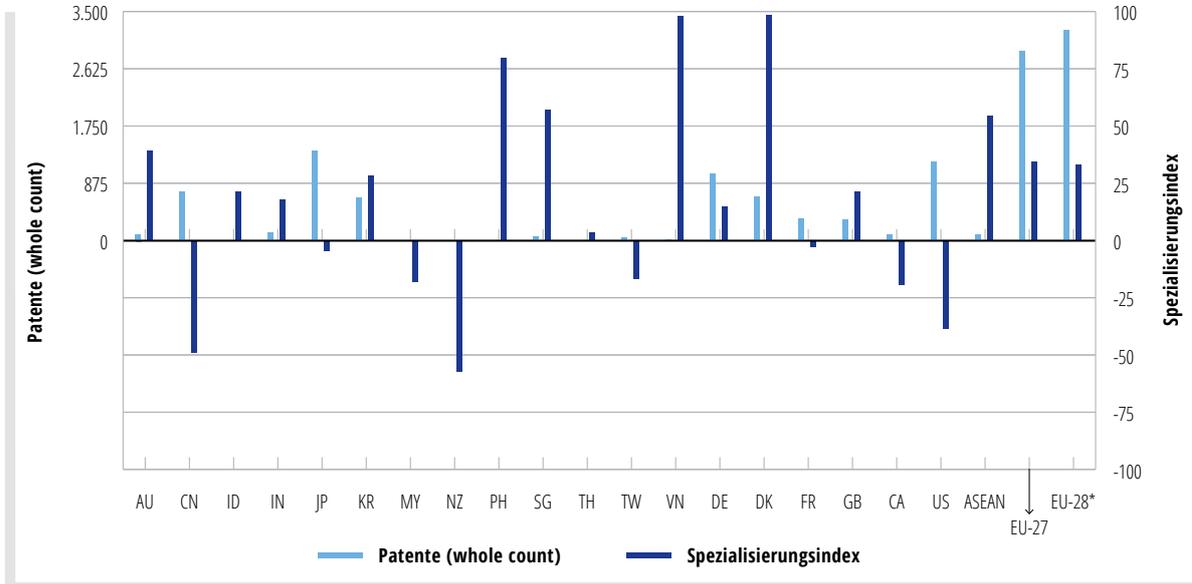
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

**ABBILDUNG A20: Patentanmeldungen Bioökonomie, Summe 2015-17**



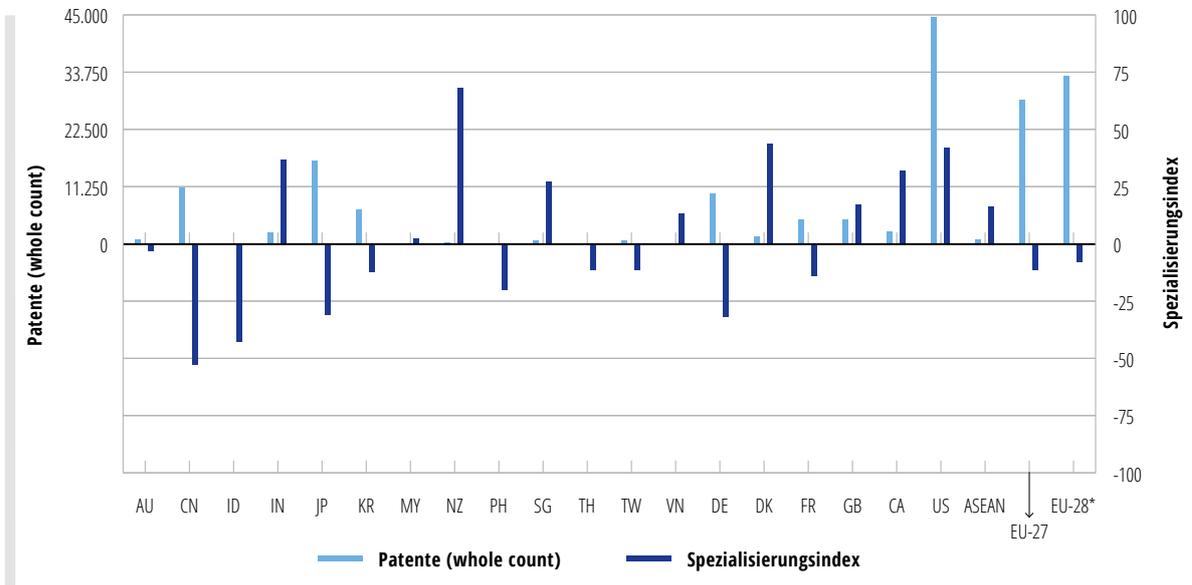
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

**ABBILDUNG A21: Patentanmeldungen erneuerbare Energietechnologien, Summe 2015-17**



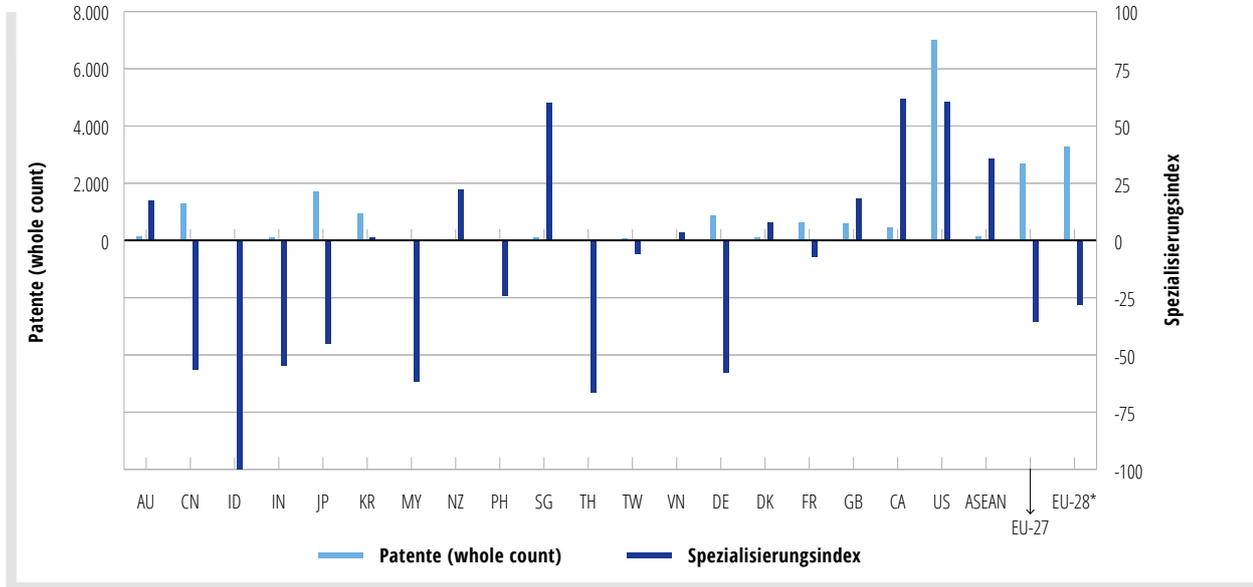
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

**ABBILDUNG A22: Patentanmeldungen Lebenswissenschaften, Summe 2015-17**



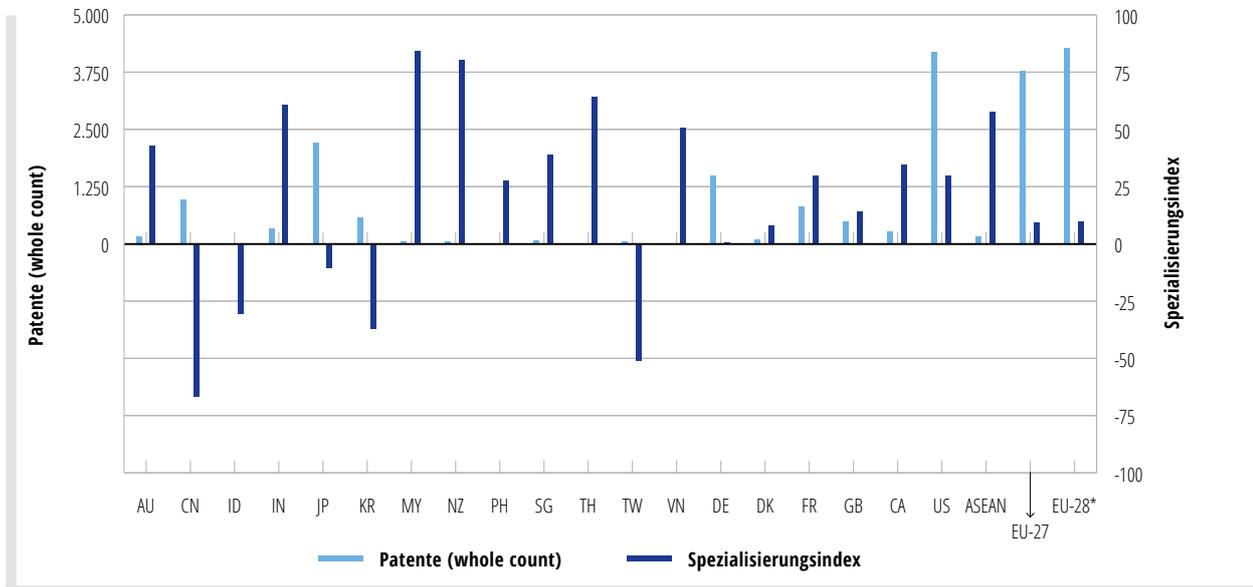
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

ABBILDUNG A23: Patentanmeldungen medizinische Biotechnologie, Summe 2015-17



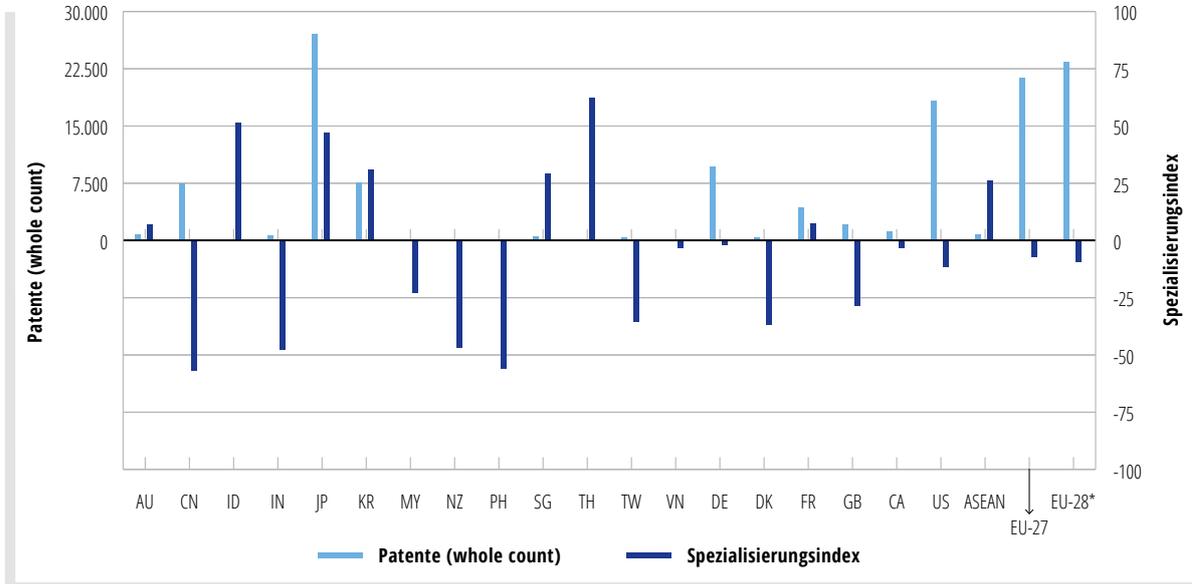
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

ABBILDUNG A24: Patentanmeldungen Biomaterialien, Summe 2015-17



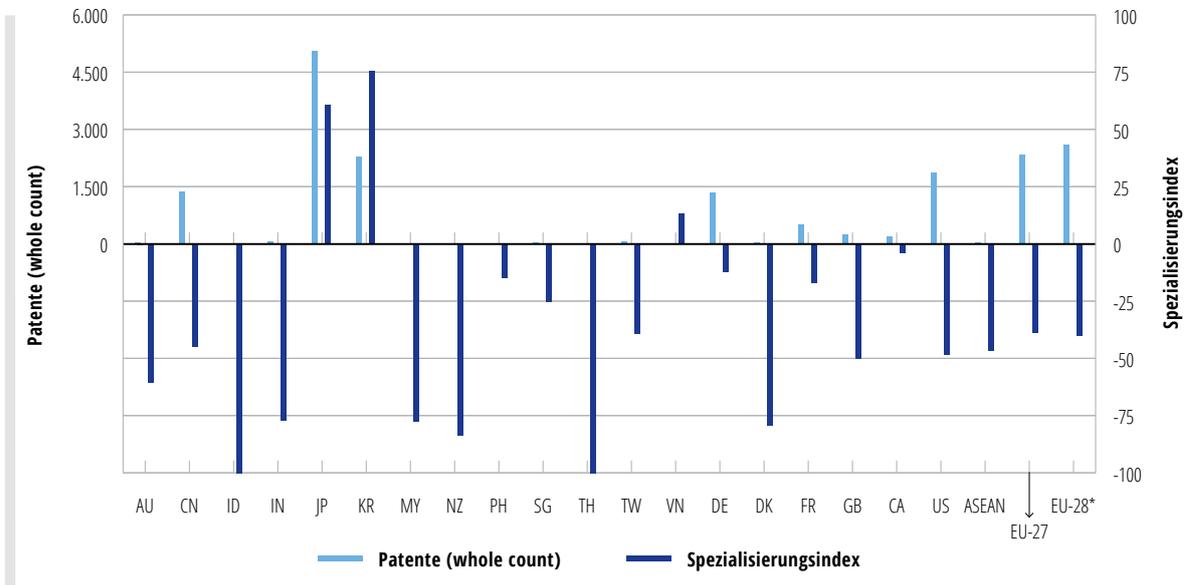
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

**ABBILDUNG A25: Patentanmeldungen Materialwissenschaften, Summe 2015-17**



QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

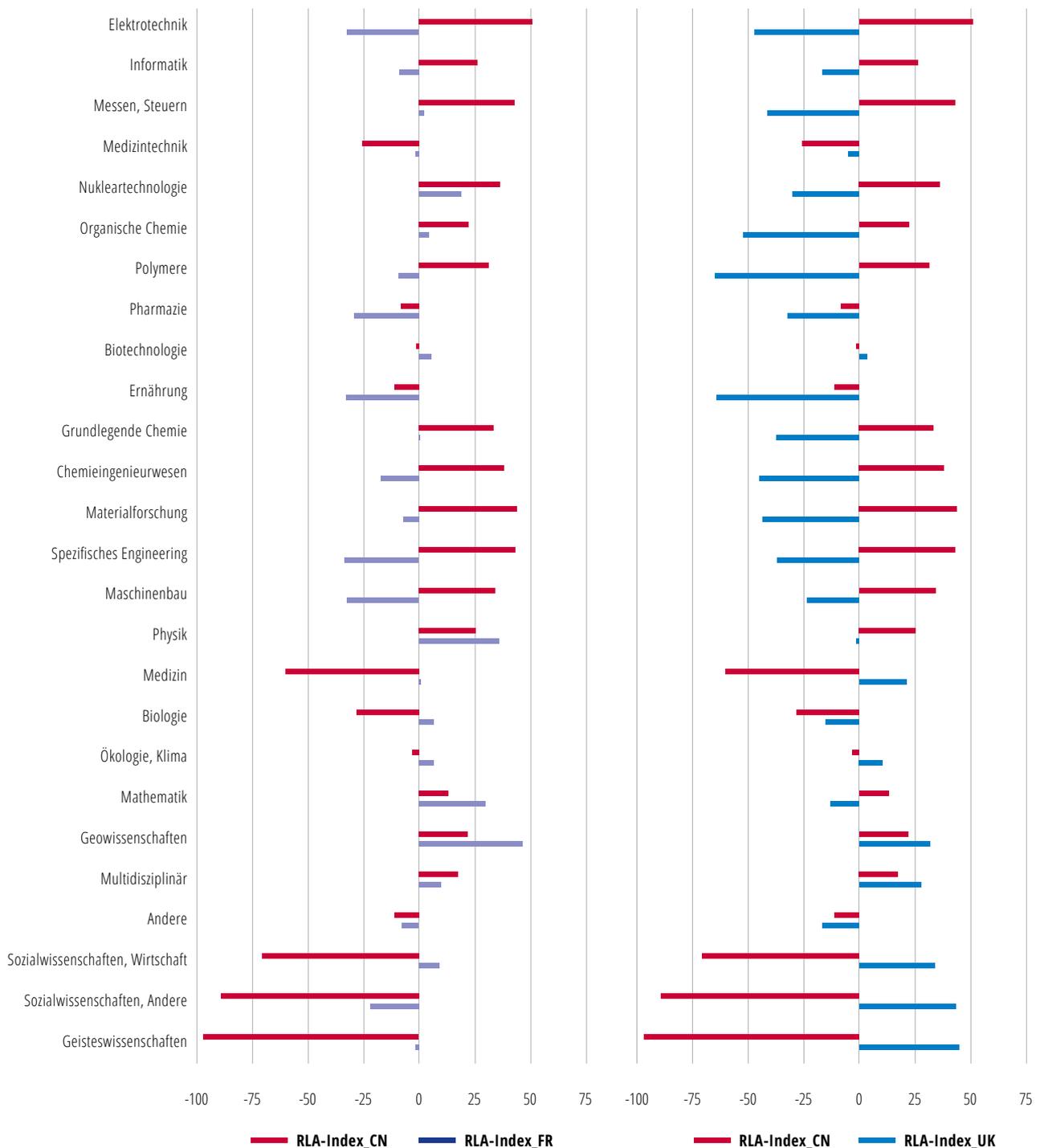
**ABBILDUNG A26: Patentanmeldungen Batterietechnologien, Summe 2015-17**



QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

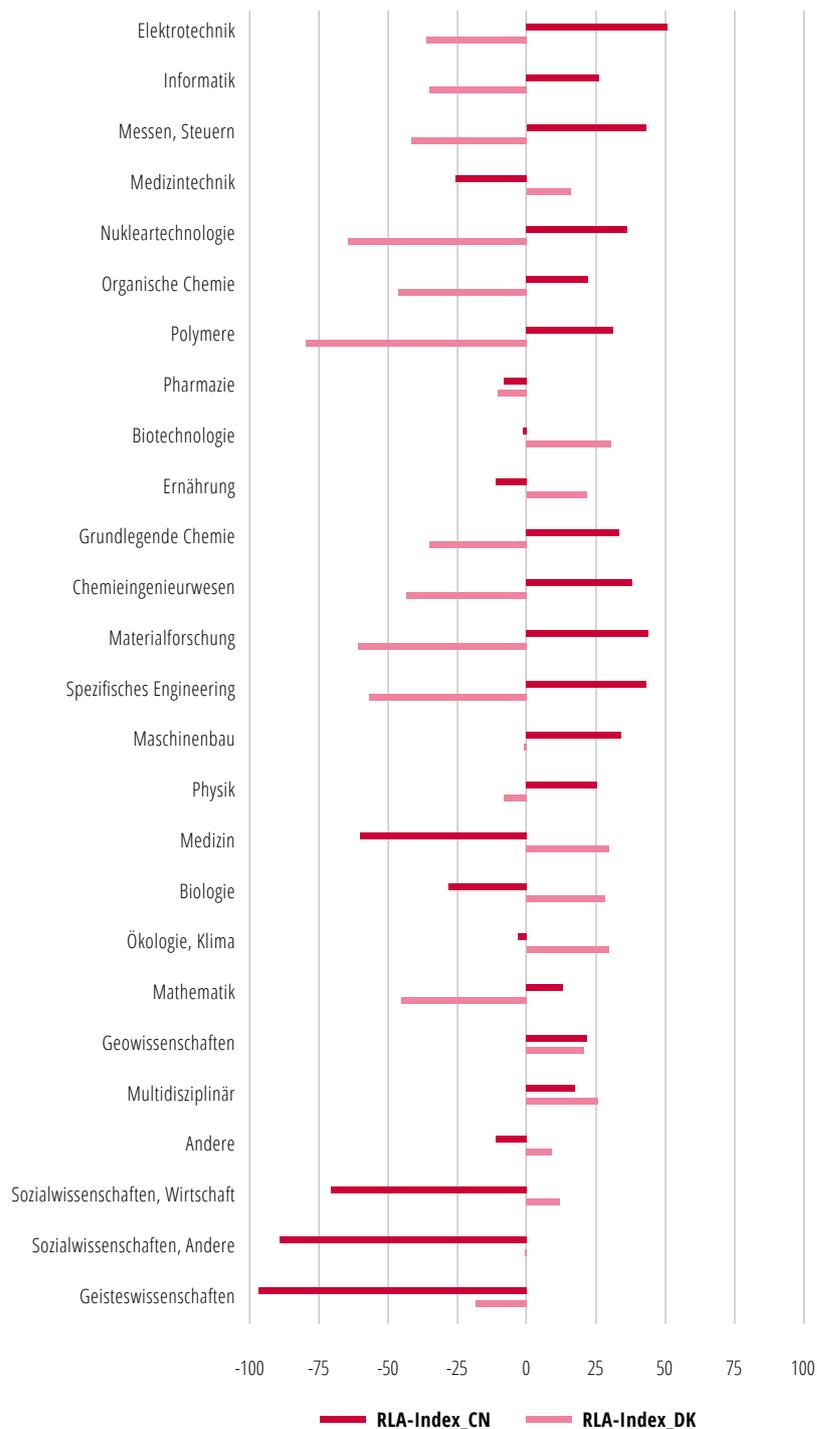
## Anhang III Kooperationspotenziale in Vergleichsländern

ABBILDUNG A27 (a): Wissenschaftliches Spezialisierungsprofil Chinas im Vergleich zu Frankreich und Großbritannien (RLA)



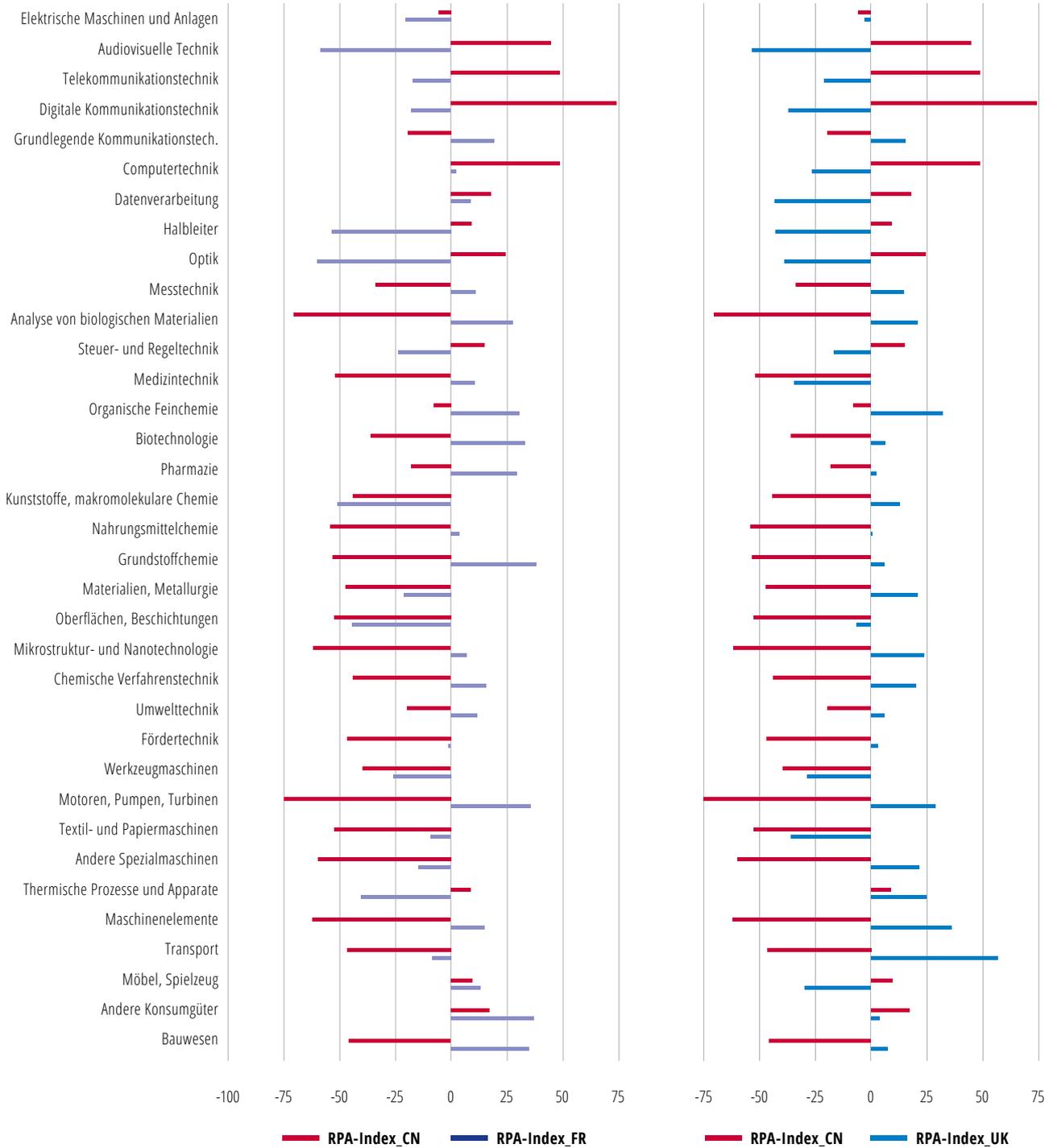
ERLÄUTERUNG: Der RLA-Index bezeichnet Spezialisierungen auf einer Skala von -100 bis +100, entsprechend der Formel  $RLA_{kj} = 100 * \tanh \ln \left[ \frac{(L_{kj} / \sum_j L_{kj})}{(\sum_k L_{kj} / \sum_k \sum_j L_{kj})} \right]$  wobei L=Anzahl Publikationen, k= Index Land, j=Index Feld; d.h. den nationalen Anteil eines Feldes in Beziehung zu seinem global üblichen Anteil setzend

**ABBILDUNG A27 (b): Wissenschaftliches Spezialisierungsprofil Chinas im Vergleich zu Dänemark (RLA)**



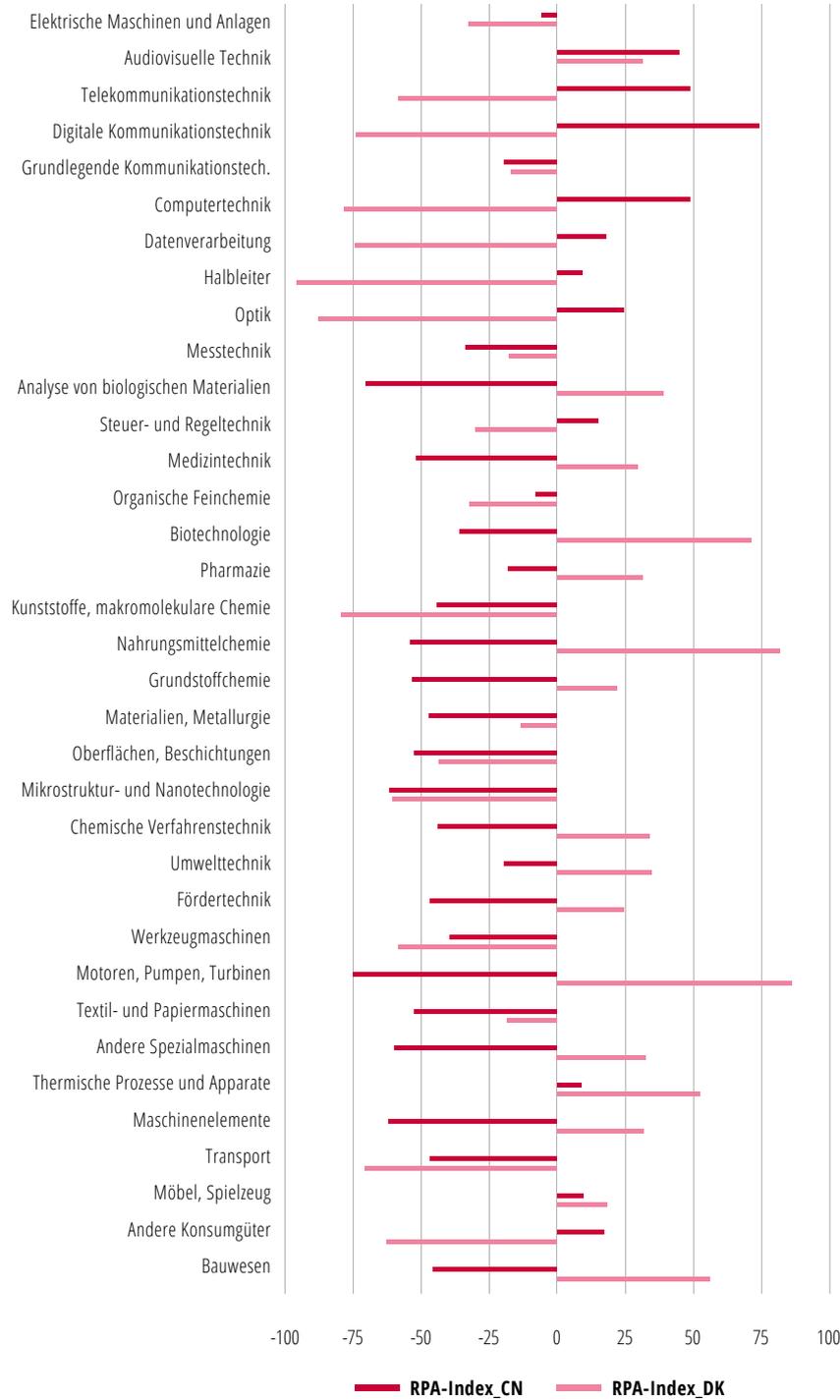
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A28 (a): Technologisches Spezialisierungsprofil Chinas im Vergleich zu Frankreich und Großbritannien (RPA)**



ERLÄUTERUNG: Der RPA-Index bezeichnet Spezialisierungen auf einer Skala von -100 bis +100, entsprechend der Formel  $RPA_{kj} = 100 \cdot \tanh \ln \left[ \frac{(L_{kj} / \sum_j L_{kj})}{(\sum_k L_{kj} / \sum_k \sum_j L_{kj})} \right]$  wobei L=Anzahl Publikationen, k= Index Land, j=Index Feld; d. h. den nationalen Anteil eines Feldes in Beziehung zu seinem global üblichen Anteil setzend

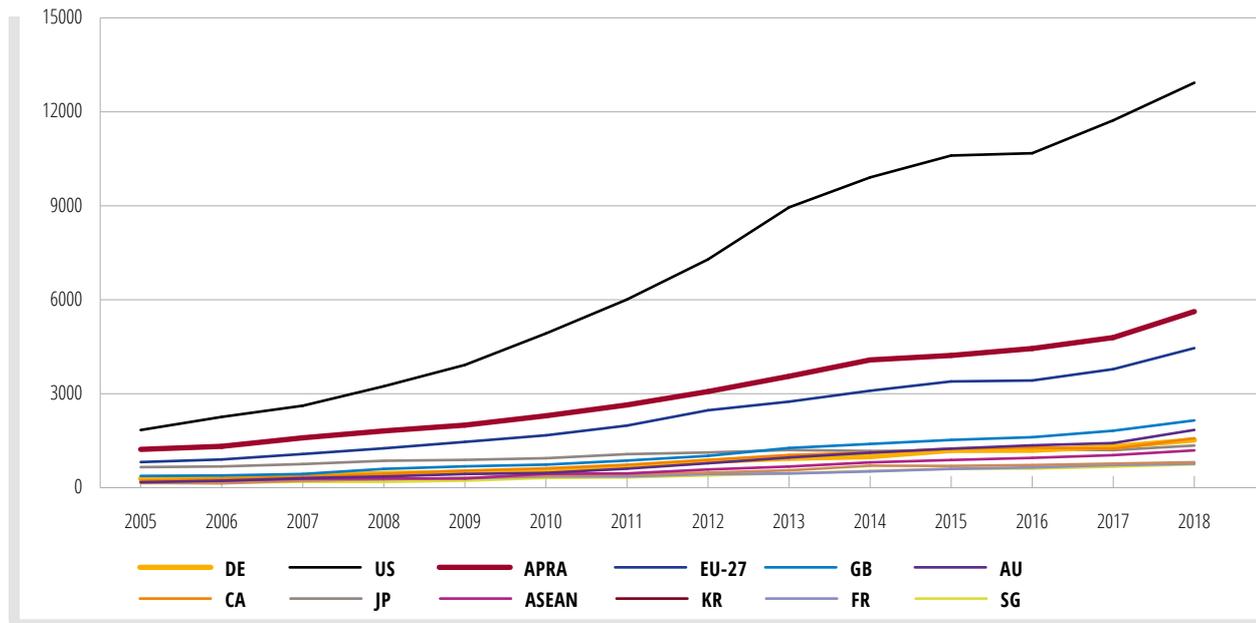
**ABBILDUNG A28 (b): Technologisches Spezialisierungsprofil Chinas im Vergleich zu Dänemark (RPA)**



QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von EPO PATSTAT

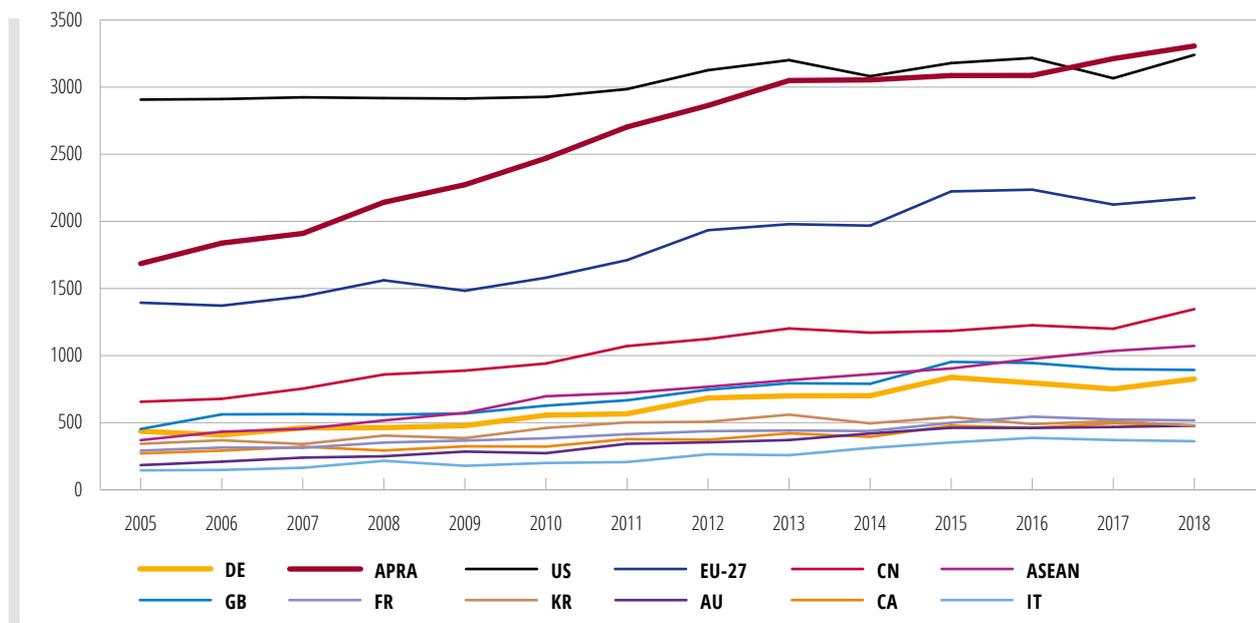
## Anhang IV Detaillierte Darstellung der Kooperation

**ABBILDUNG A29: Ko-Publikationen Lebenswissenschaften mit China (Scopus)**



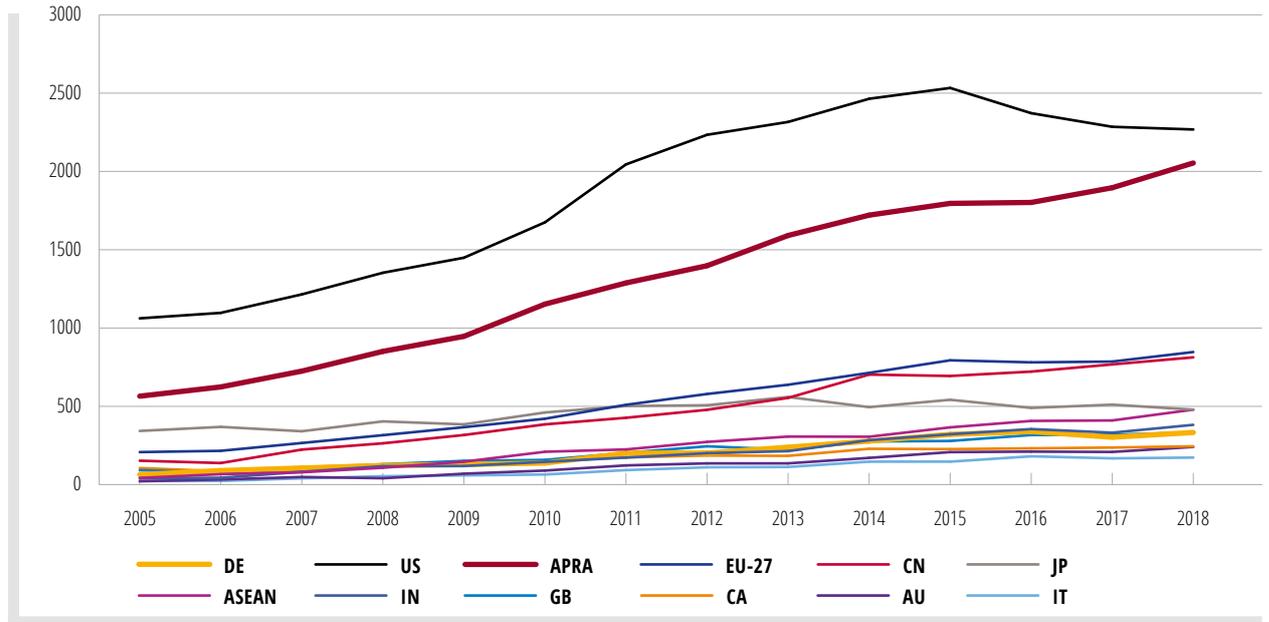
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A30: Ko-Publikationen Lebenswissenschaften mit Japan (Scopus)**



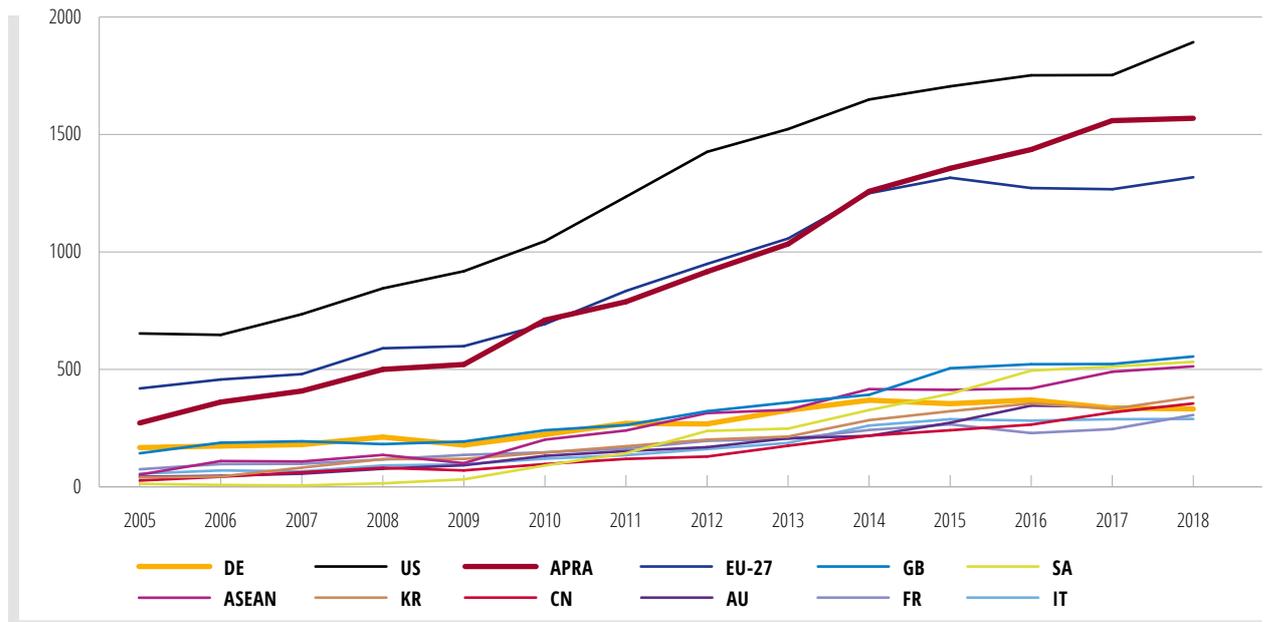
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A31: Ko-Publikationen Lebenswissenschaften mit Korea (Scopus)**



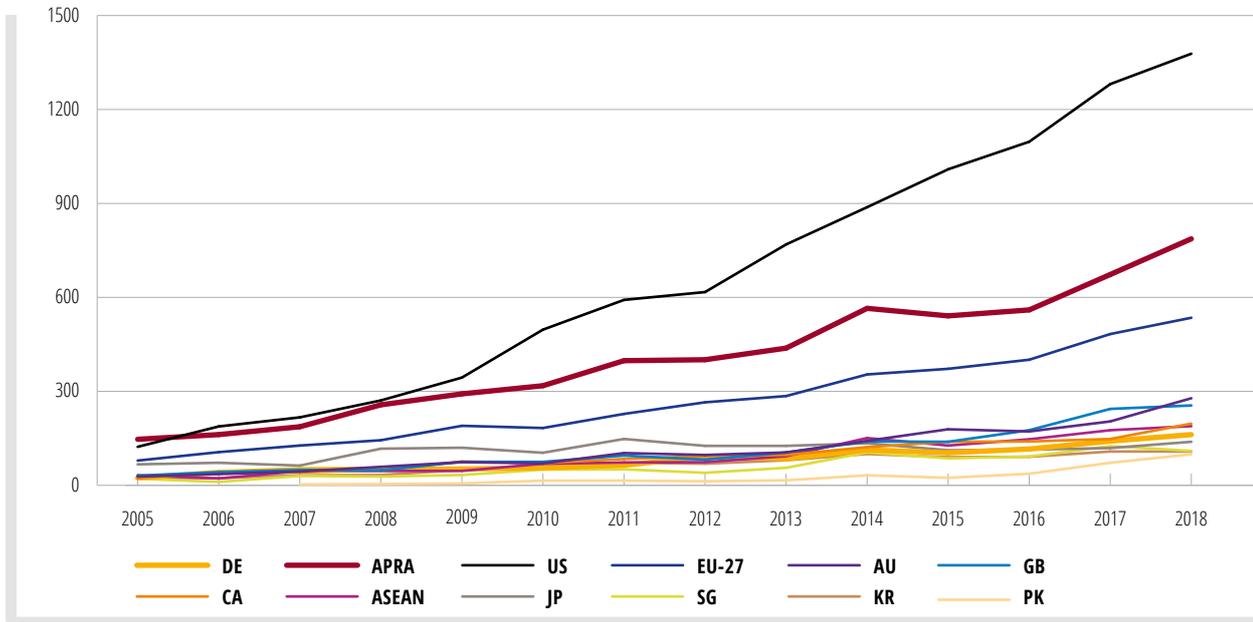
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A32: Ko-Publikationen Lebenswissenschaften mit Indien (Scopus)**



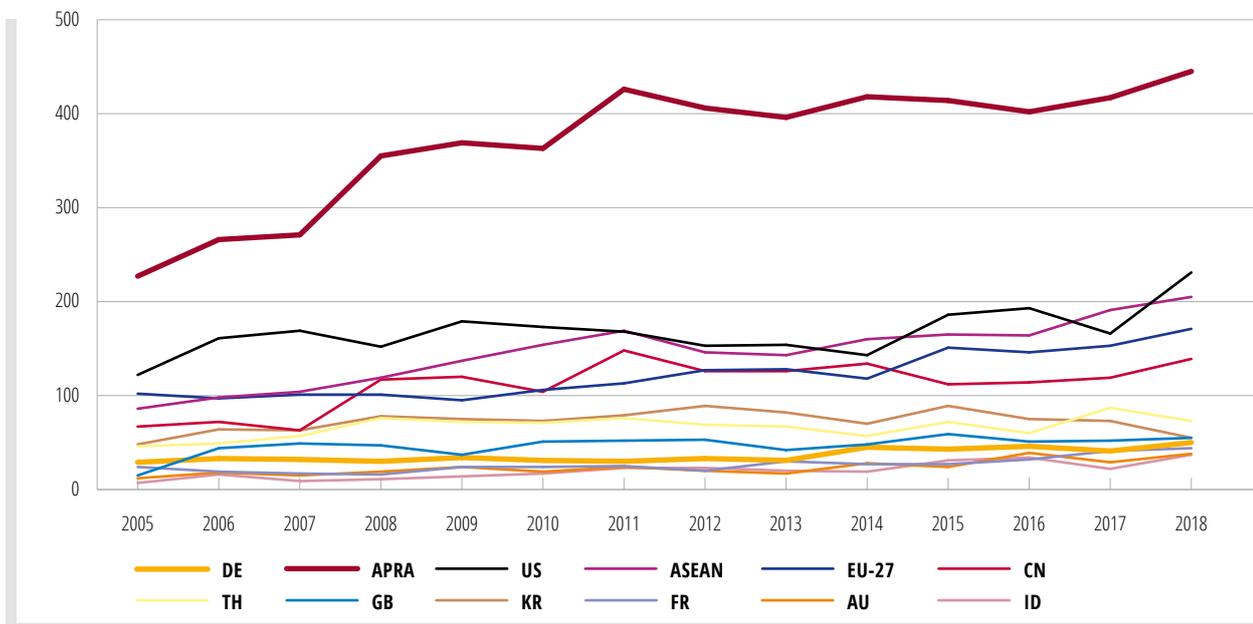
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A33: Ko-Publikationen medizinische Biotechnologie mit China (Scopus)**



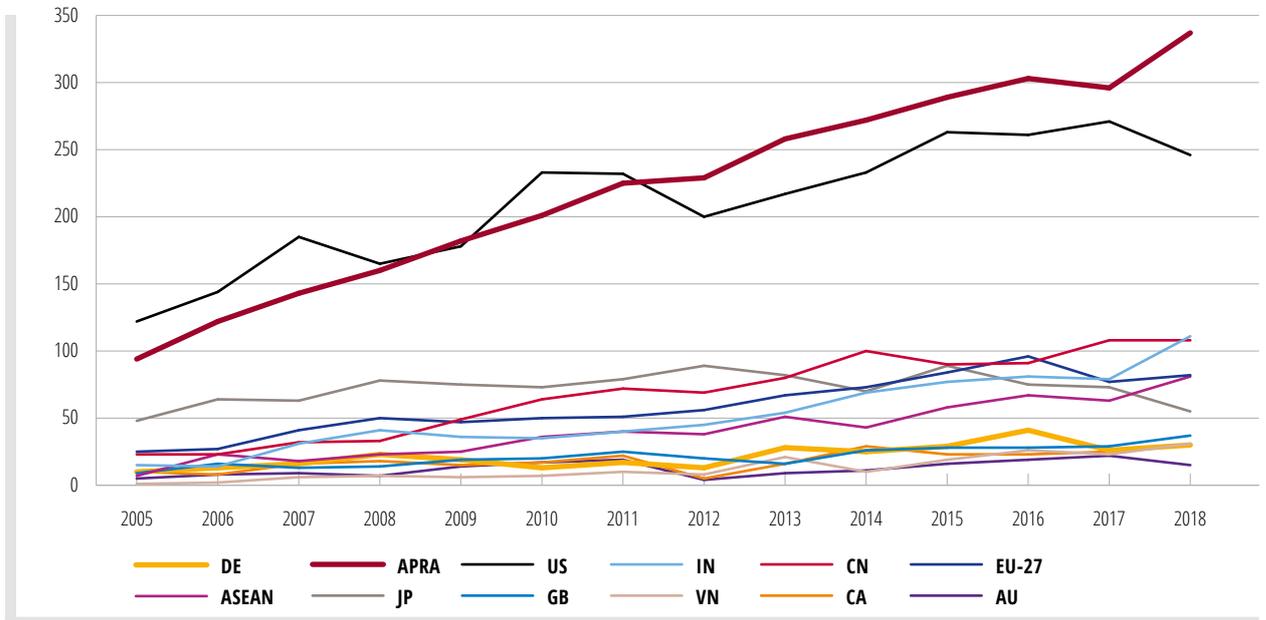
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A34: Ko-Publikationen medizinische Biotechnologie mit Japan (Scopus)**



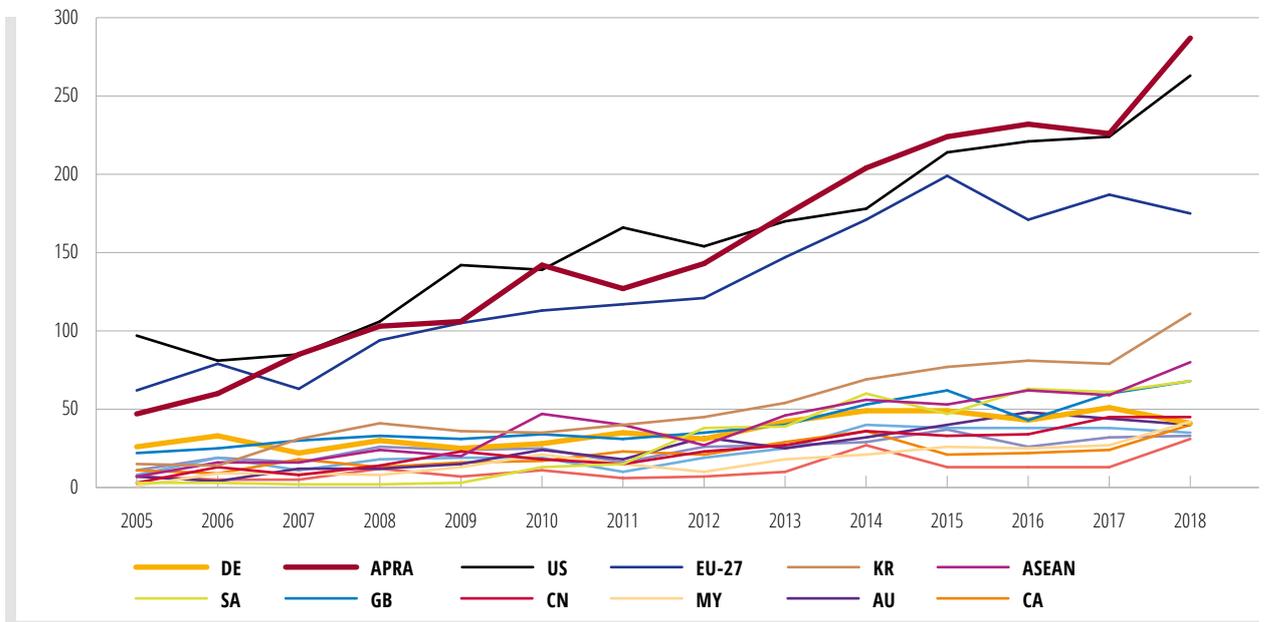
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A35: Ko-Publikationen medizinische Biotechnologie mit Korea (Scopus)**



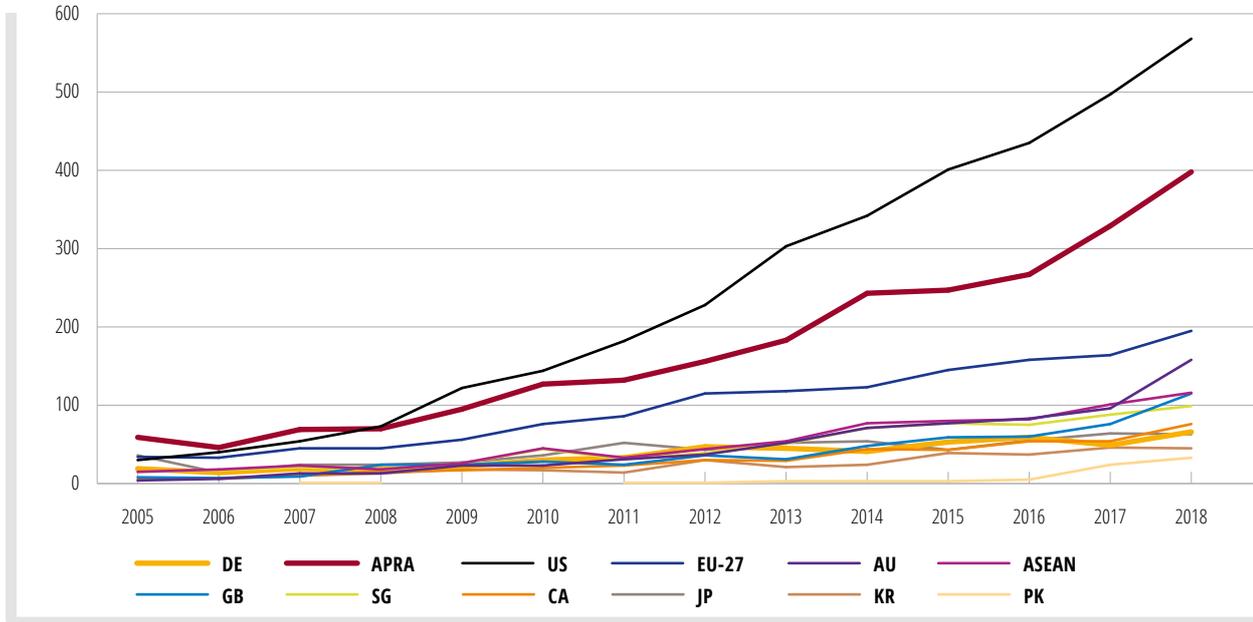
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A36: Ko-Publikationen medizinische Biotechnologie mit Indien (Scopus)**



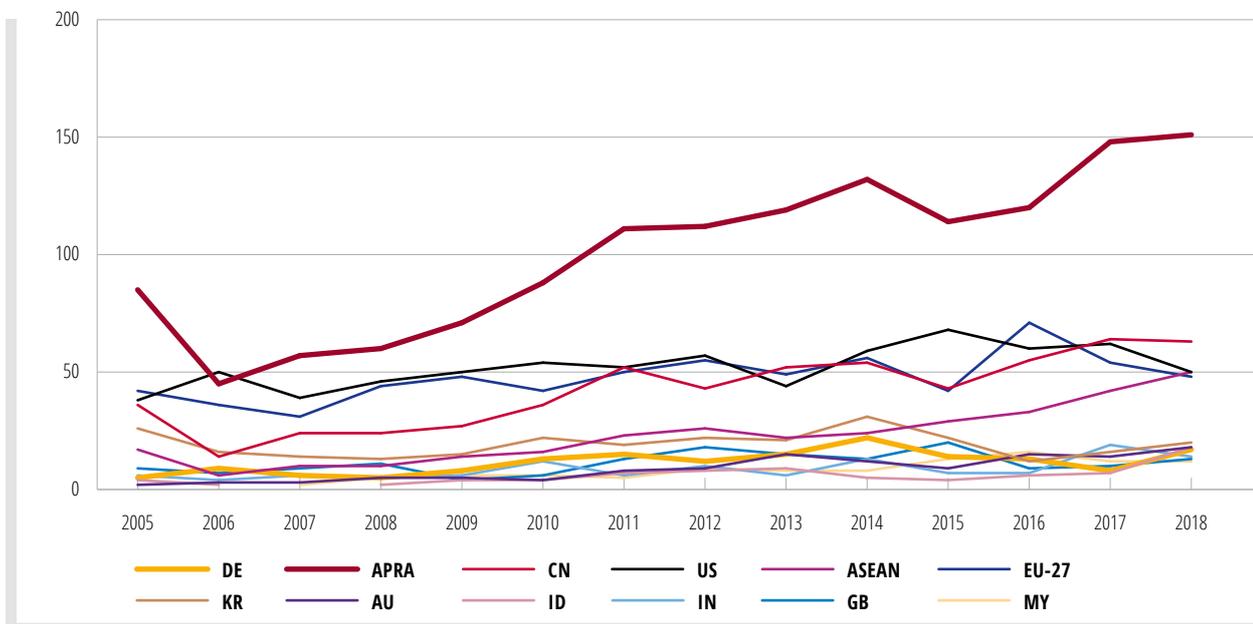
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A37: Ko-Publikationen Biomaterialien mit China (Scopus)**



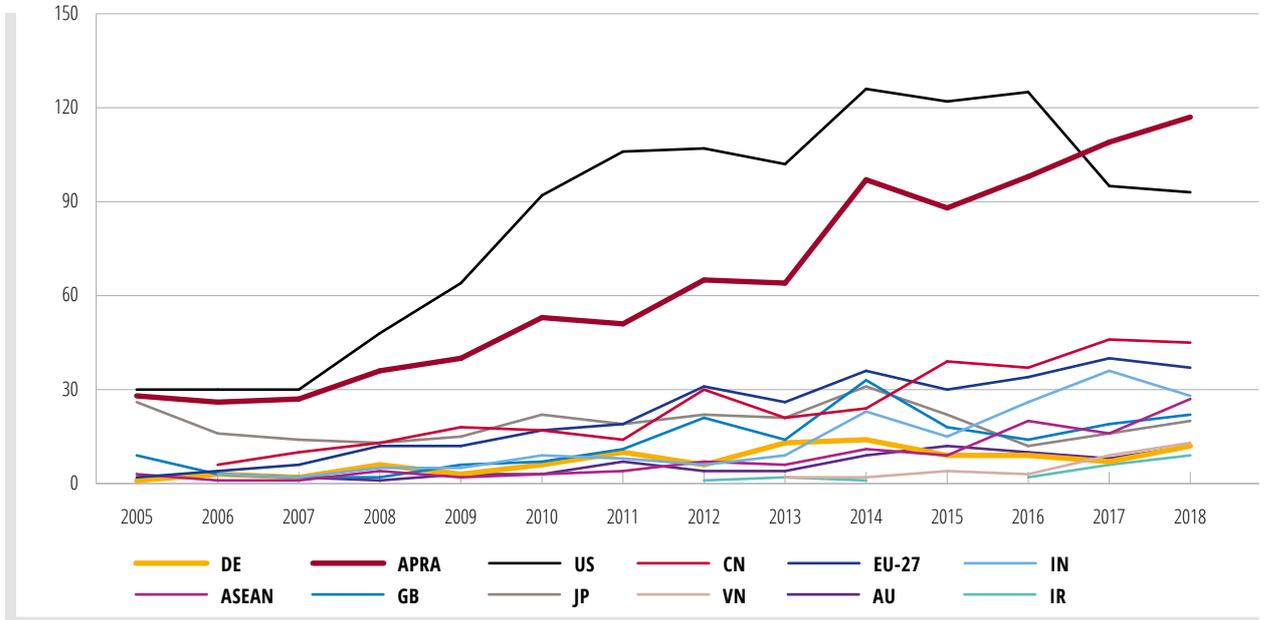
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A38: Ko-Publikationen Biomaterialien mit Japan (Scopus)**



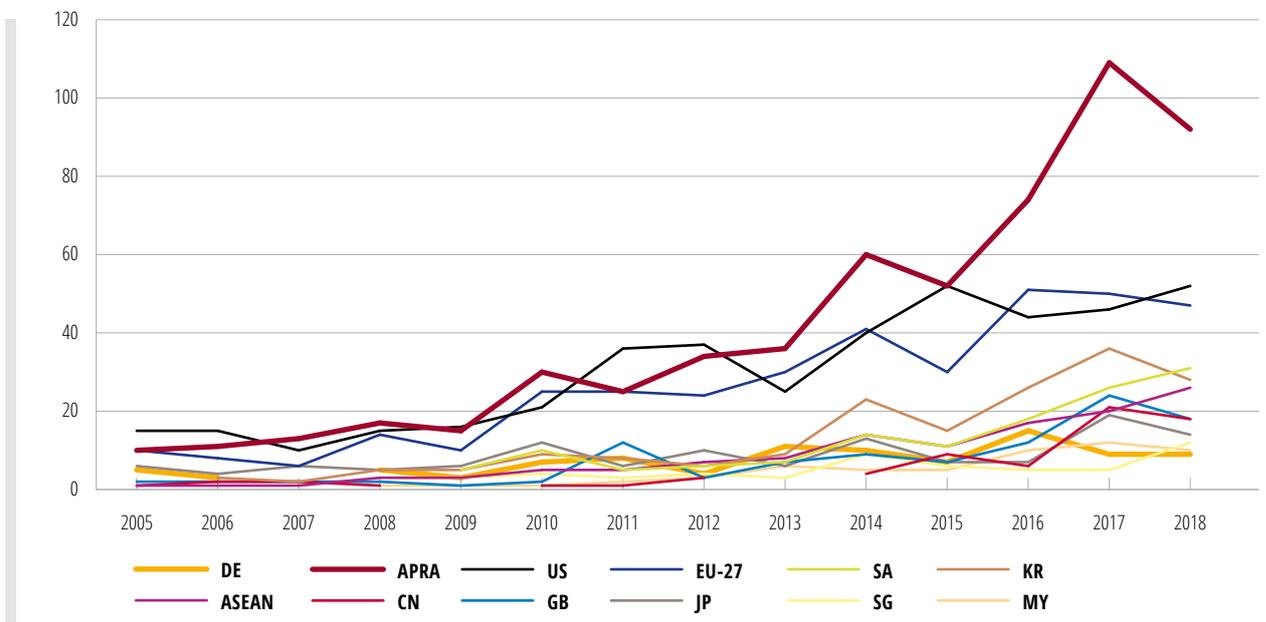
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A39: Ko-Publikationen Biomaterialien mit Korea (Scopus)**



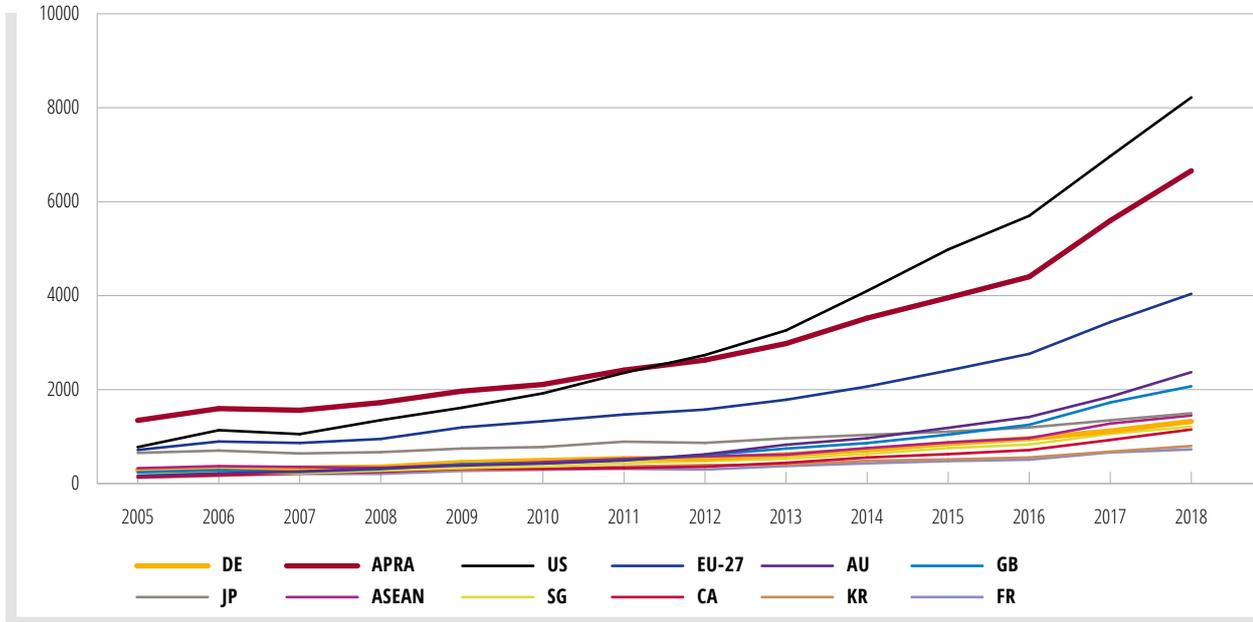
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A40: Ko-Publikationen Biomaterialien mit Indien (Scopus)**



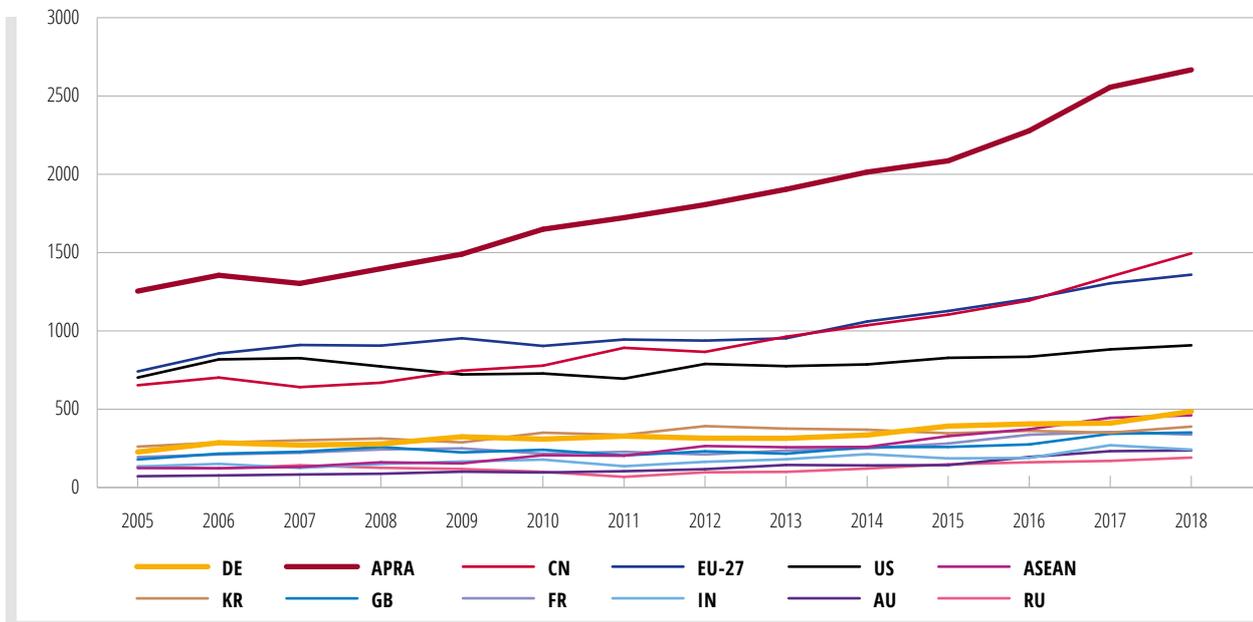
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

ABBILDUNG A41: Ko-Publikationen Materialwissenschaften mit China (Scopus)



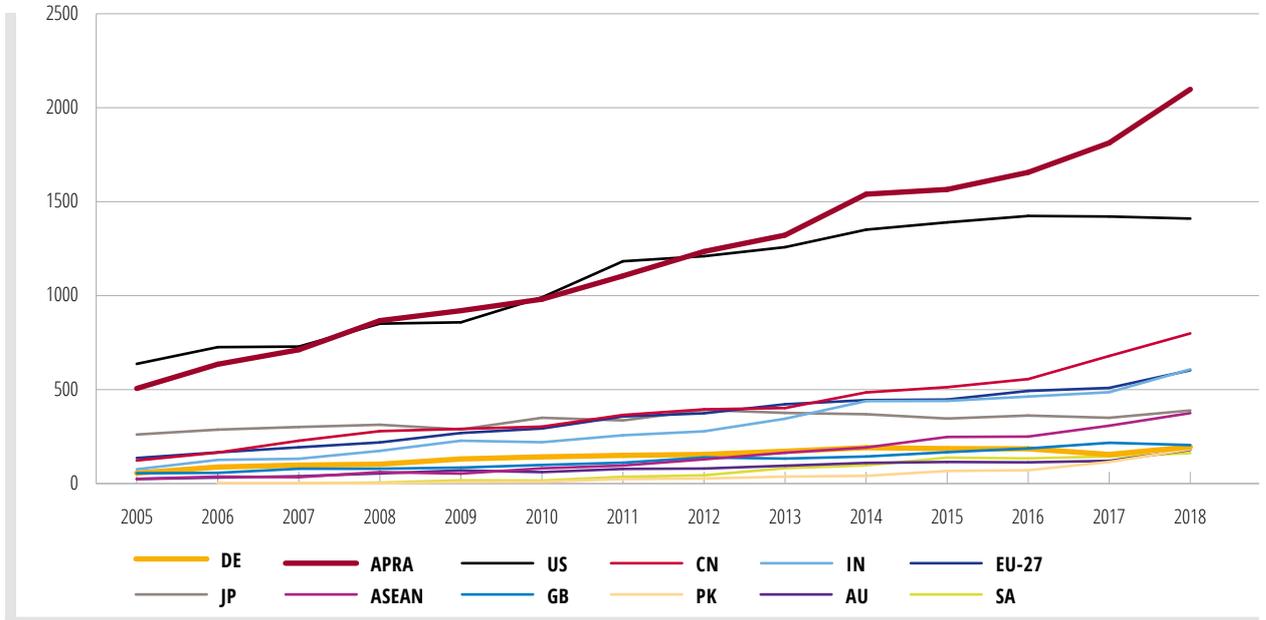
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

ABBILDUNG A42: Ko-Publikationen Materialwissenschaften mit Japan (Scopus)



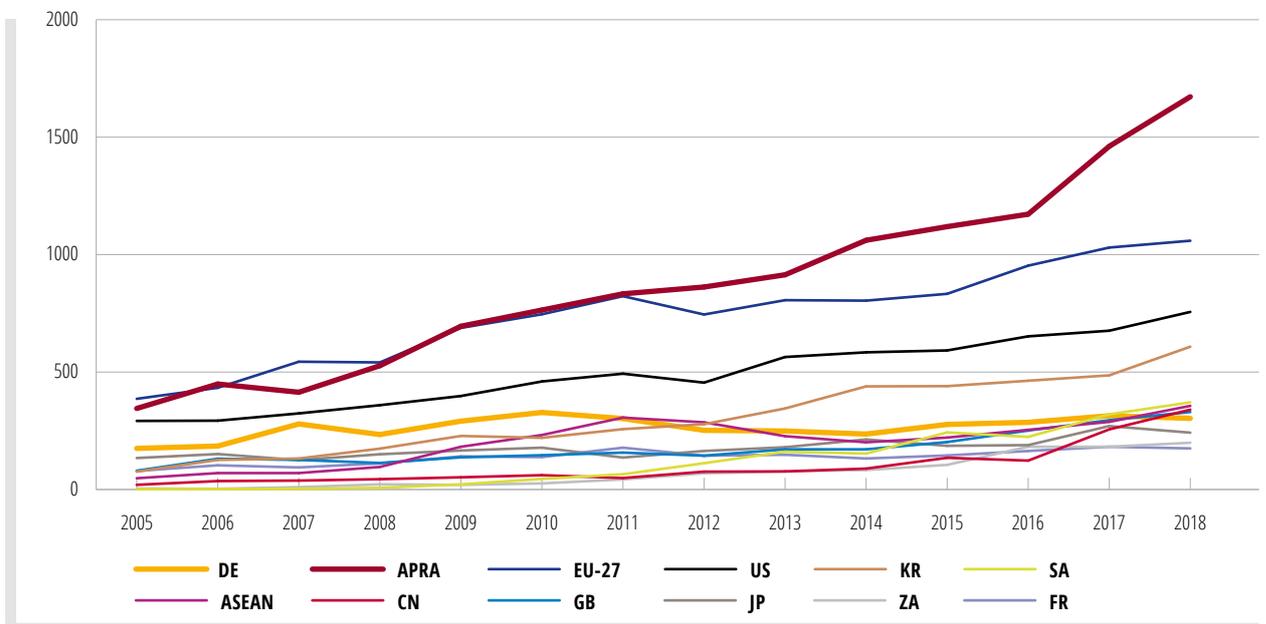
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A43: Ko-Publikationen Materialwissenschaften mit Korea**



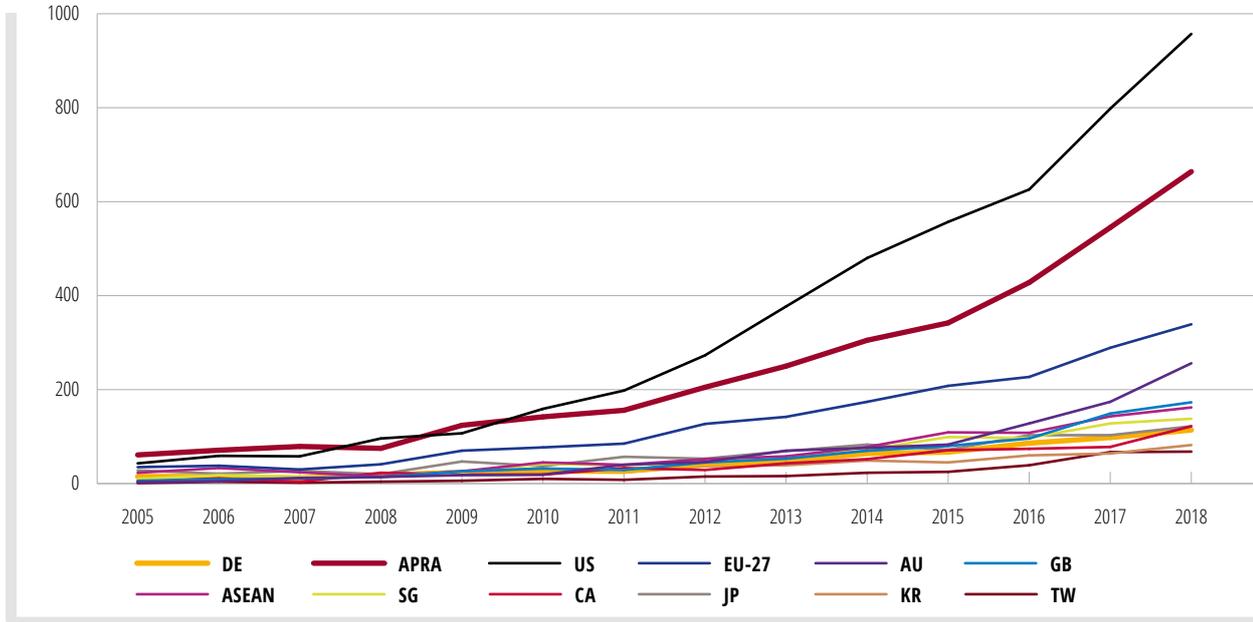
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A44: Ko-Publikationen Materialwissenschaften mit Indien (Scopus)**



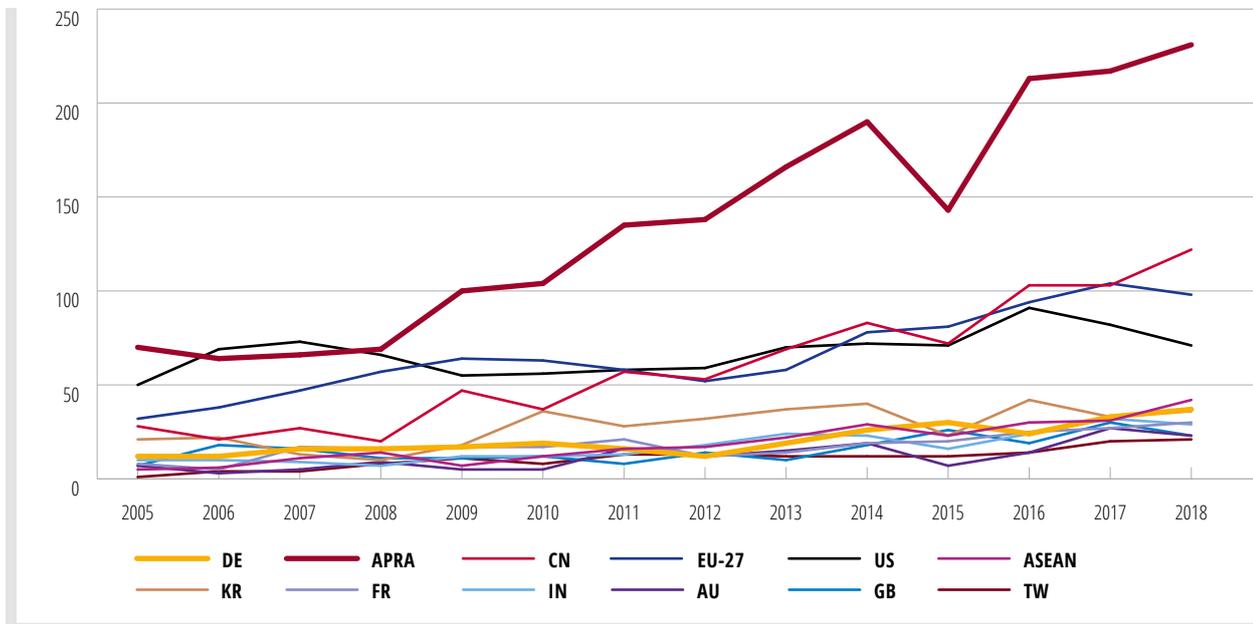
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

ABBILDUNG A45: Ko-Publikationen Materialien für Batterien mit China (Scopus)



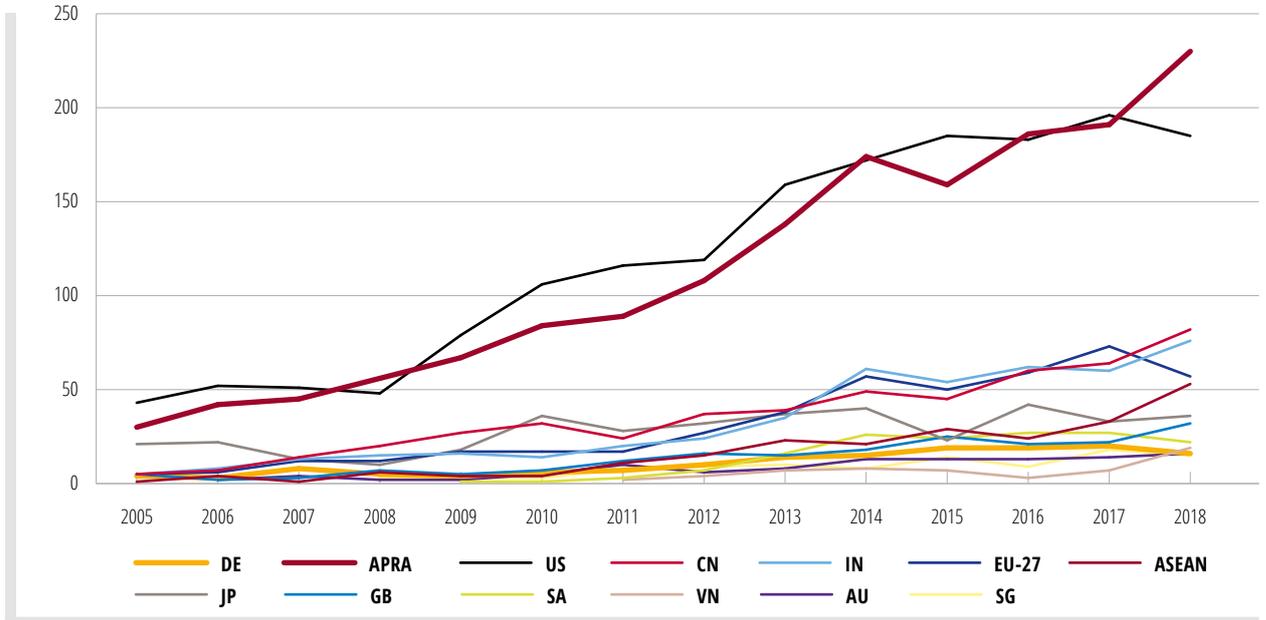
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

ABBILDUNG A46: Ko-Publikationen Materialien für Batterien mit Japan (Scopus)



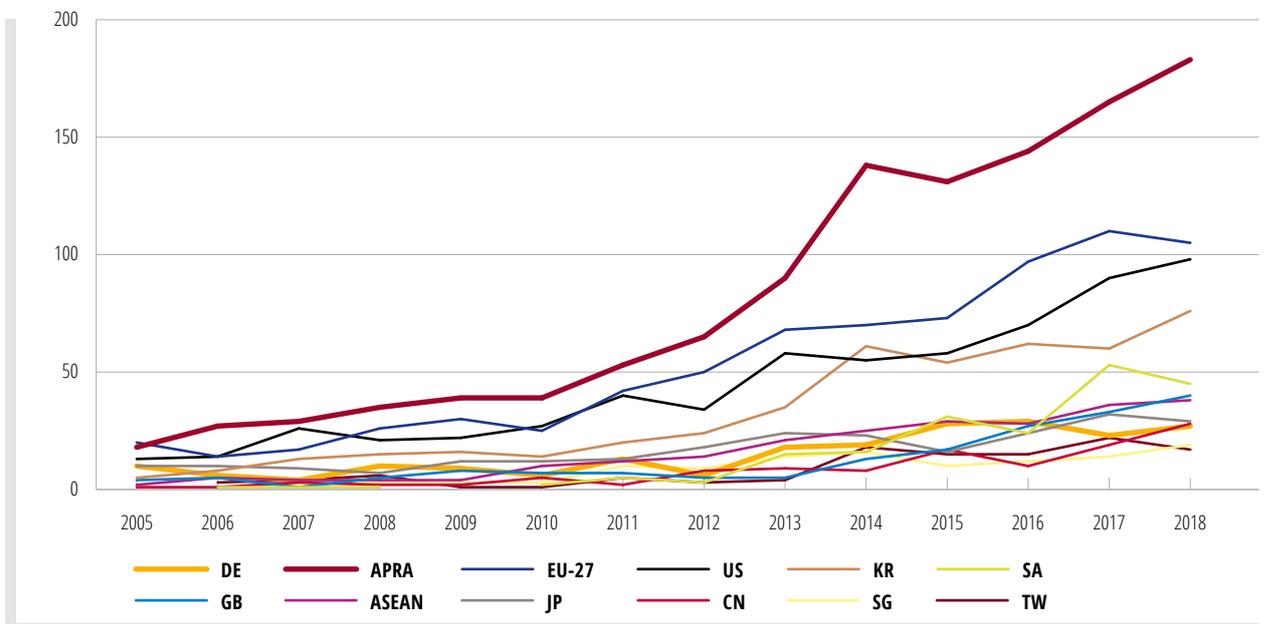
QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A47: Ko-Publikationen Materialien für Batterien mit Korea (Scopus)**



QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

**ABBILDUNG A48: Ko-Publikationen Materialien für Batterien mit Indien (Scopus)**



QUELLE: eigene Berechnungen auf Basis von Elsevier Scopus

## Anhang IV Listen relevanter FuE-Akteure

TABELLE A1: Relevante Chinesische Universitäten (Bioökonomie/Bioindustrie)

NAME DER UNIVERSITÄT	AUSGEWÄHLTE SCHWERPUNKTLABORE	RELEVANTE SPITZENFACHDISZIPLINEN
<b>Allgemeine Universitäten</b>		
Tsinghua University	State Key Laboratory of Chemical Engineering	Biologie
	MOE Key Laboratory of Protein Sciences	Medizin
	MOE Key Laboratory of Bioinformatics	Biomedizintechnik
	MOE Key Laboratory of Bioorganic Phosphorus Chemistry & Chemical Biology	
Peking University	State Key Laboratory of Protein and Plant gene research	Biologie
	State Key Laboratory of membrane Biology	Medizin
	MOE Key Laboratory of Carcinogenesis and Translational Research	
	MOE Key Laboratory of Bioorganic Chemistry and Molecular Engineering	
Fudan University	State Key Laboratory of genetic engineering	Biologie
	State Key Laboratory of Medical Neurobiology	Medizin
	MOE Key Laboratory of Cancer Carcinogenesis and Invasion	
	MOE Key Laboratory of Medical Molecular Virology	
	MOE Key Laboratory of Metabolism and Molecular Medicine	
Shanghai Jiaotong University	MOE Key Laboratory of Smart Drug Delivery	
	State Key Laboratory of Microbial Metabolism	Biologie
	State Key Laboratory of Medical Genomics	Medizin
	National Infrastructures for Translational Medicine (Shanghai)	
	MOE Key Laboratory of Genetic Development and Neurosis	
Sun Yat-sen University	MOE Key Laboratory of System Biology	
	MOE Key Laboratory for Cell Differentiation and Apoptosis	
	State Key Laboratory of Oncology in Southern China	Biologie
	National Key Laboratory of Ophthalmology	Medizin
	State Key Laboratory of pest control and resource utilization	
Zhejiang University	MOE Key Laboratory of Tropical Disease Prophylaxis Research	
	MOE Key Laboratory of Genetic Engineering	
	State Key Laboratory of Infectious Diagnosis Prevention and Control, SKLID	Biologie
	State Key Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry	Medizin
	State Key Laboratory of Rice Biology	Agrarwissenschaften
Nanjing University	MOE Key Laboratory of Malignant Tumor Early Warning and Intervention	
	MOE Key Laboratory of Biomedical Engineering	
	State Key Laboratory of natural Medicine and bionic Medicine	Biologie
Jiangnan University	State Key Laboratory of Pharmaceutical Biotechnology	
	State Key Laboratory of life Analytical Chemistry	
	State Key Laboratory of food science and technology	Lebensmittelwissenschaften
	MOE Key Laboratory of Industrial Biotechnology	

NAME DER UNIVERSITÄT	AUSGEWÄHLTE SCHWERPUNKTLABORE	RELEVANTE SPITZENFACHDISZIPLINEN
<b>Agraruniversitäten</b>		
<b>China Agricultural University</b>	State Key Laboratory of Protein and Plant Gene Research	Biologie
	State Key Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry	Agrarwissenschaften
	State Key Laboratory of Agricultural Biotechnology	
	MOA Key Laboratory of Agricultural Genomics (Beijing)	
	National Feed Engineering Technology Research Center	
<b>Huazhong Agricultural University</b>	State Key Laboratory of Agricultural Microbiology	Biologie
	National Key Laboratory of Crop Genetic Improvement	Agrarwissenschaften
	MOE Key Laboratory of Agricultural Animal Genetics, Breeding and Reproduction	
	National Livestock Engineering Technology Research Center	
	MOA Key Laboratory of Agricultural Genomics (Wuhan)	
<b>Nanjing Agricultural University</b>	State Key Laboratory of Crop Genetics and Germplasm Innovation	Agrarwissenschaften
	MOA Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Soybean	

QUELLE: eigene Zusammenstellung (siehe Fußnoten im Textteil)

TABELLE A2: Relevante CAS-Institute (Bioökonomie/Bioindustrie)

NAME DES CAS-INSTITUTS	AUSGEWÄHLTE SCHWERPUNKTLABORE
Shanghai Institutes for Biological Sciences, CAS	State Key Laboratory of Molecular Biology
	State Key Laboratory of Plant Molecular Genetics
	State Key Laboratory of Cell Biology
	CAS Key Laboratory of Tissue Microenvironment and Tumor
	CAS Key Laboratory of Systems Biology
	CAS Key Laboratory of Nutrition and Metabolism
	CAS Key Laboratory of Synthetic Biology
	CAS Key Laboratory of Computational Biology
	CAS Key Laboratory of Insect Developmental and Evolutionary Biology
	CAS Key Laboratory of Primate Neurobiology
Institute of Genetics and Developmental Biology, CAS	State Key Laboratory of Molecular Developmental Biology
	State Key Laboratory of Plant Genomics
	State Key Laboratory of Plant Cell and Chromosome Engineering
	CAS Key Laboratory of Agricultural Water Resources
Institute of Zoology, CAS	State Key Laboratory of Agricultural Pest and Rodent Control
	State Key Laboratory of Membrane Biology
	State Key Laboratory of Stem Cell and Reproductive Biology
	CAS Key Laboratory of Animal Ecology and Conservation Biology
Institute of Biophysics, CAS	CAS Key Laboratory of Zoological Systematics and Evolution
	CAS Key Laboratory of Infection and Immunity
Wuhan Institute of Virology, CAS	CAS Key Laboratory of RNA Biology
	State Key Laboratory of Virology
Beijing Institute of Genomics, CAS	CAS Key Laboratory of Special Pathogens and Biosafety
	CAS Key Laboratory of Genome Sciences & Information
Guangzhou Institutes of Biomedicine and Health, CAS	CAS Key Laboratory of Genomic and Precision Medicine
	CAS Key Laboratory of Regenerative Biology
National Center for Nanoscience and Technology, CAS	CAS Key Laboratory for Biomedical Effects and of Nanomaterials and Nanosafety
	CAS Key Laboratory of Nanosystem and Hierarchical Fabrication
Suzhou Institute of Nano-Tech and Nano-Bionics (SINANO), CAS	CAS Key Laboratory of Nano-Bio Interface
Institute of Process Engineering, CAS	State Key Laboratory of Biochemical Engineering
Qingdao Institute of Bioenergy and Bioprocess Technology, CAS	CAS Key Laboratory of Bio-based Materials
	CAS Key Laboratory of Biofuels
Ningbo Institute of Materials Technology & Engineering, CAS	CAS Key Laboratory of Maritime New Materials and Applied Technology

QUELLE: eigene Zusammenstellung (siehe Fußnoten im Textteil)

TABELLE A3: Relevante Institute anderer Akademien (Bioökonomie/Bioindustrie)

NAME DES INSTITUTS	AUSGEWÄHLTE SCHWERPUNKTLABORE
<b>Chinese Academy of Medical Sciences (CAMS) &amp; Peking Union Medical College</b>	
<b>Institute of Basic Medicine Research</b>	<b>State Key Laboratory of Medical Molecular Biology</b>
<b>Institute of Hematology &amp; Blood Diseases Hospital</b>	<b>State Key Laboratory of Experimental Hematology</b>
	<b>National Stem Cell Engineering Technology Research Center</b>
<b>Institute of Materia Medica</b>	<b>State Key Laboratory of Active Substances and Functions of Natural Drugs</b>
	<b>National New Drug Development Engineering Technology Research Center</b>
<b>Academy of Military Medical Sciences (AMMS)</b>	
	<b>State Key Laboratory Biosecurity (SKLPBS)</b>
	<b>State Key Laboratory of Proteomics</b>
	<b>National Research Center for Emergency Prevention and Control Drug Engineering Technology</b>
	<b>National Bio-Protection Engineering Center</b>
<b>Chinese Academy of Agricultural Sciences (CAAS)</b>	
<b>Institute of Plant Protection</b>	<b>State Key Laboratory of Plant Pest Biology</b>
<b>Institute of Animal Sciences</b>	<b>State Key Laboratory of Protein and Plant Gene Research</b>
<b>Harbin Veterinary Research Institute</b>	<b>State Key Laboratory of Veterinary Biotechnology</b>

QUELLE: eigene Zusammenstellung (siehe Fußnoten im Textteil)

TABELLE A4: Relevante Chinesische Universitäten (Neue Energietechnologien)

ENGLISCHER NAME DER UNIVERSITÄT	AUSGEWÄHLTE SCHLÜSSELLABORE	RELEVANTE SPITZENFACHDISZIPLINEN
Zhejiang University	State Key Laboratory of Clean Energy Utilization	Umweltingenieurwissenschaften, Materialwissenschaften, Chemie, Ökologie
Wuhan University	State Key Laboratory of Water Resources and Hydro-power Engineering Science	Chemie
Nankai University	MOE Key Laboratory of Advanced Energy Materials Chemistry	
North China Electric Power University	State Key Laboratory of New Energy Power System	Elektrotechnik
	National Thermal Power Engineering Technology Research Center	Chemie, Materialwissenschaften
Dalian University of Technology	MOE Key Laboratory of Ocean Energy Utilization and Energy Conservation	Chemie, Ingenieurwesen
	MOE Key Laboratory of Industrial Ecology and Environmental Engineering	
Hohai University	State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering	Umweltingenieurwissenschaften, Wasserbau

QUELLE: eigene Zusammenstellung (siehe Fußnoten im Textteil)

TABELLE A5: Relevante CAS-Institute (Neue Energietechnologien)

NAME DES INSTITUTS	AUSGEWÄHLTE SCHLÜSSELLABORE
Guangzhou Institute of Energy Conversion	CAS Key Laboratory of Renewable Energy
	CAS Key Laboratory of Gas Hydrate
Institute of Engineering Thermophysics, CAS	CAS Key Laboratory of Advanced Energy and Power
	CAS Key Laboratory of Wind Energy Utilization
Institute of Electrical Engineering, CAS	CAS Key Laboratory of Solar Thermal Applications and Photovoltaic Systems
	CAS Key Laboratory of Power Electronics and Electric Propulsion Systems
Qingdao Institute of Bioenergy and Bioprocess Technology, CAS	CAS Key Laboratory of Bio-based Materials
	CAS Key Laboratory of Biofuels
Ningbo Institute of Materials Technology & Engineering, CAS	CAS Key Laboratory of Maritime New Materials and Applied Technology

QUELLE: eigene Zusammenstellung (siehe Fußnoten im Textteil)

TABELLE A6: Relevante Unternehmen (Neue Energietechnologien)

NAME DER FIRMA	AUSGEWÄHLTE SCHLÜSSELLABORS
Yingli Solar	Staatliches (Firmen-) Schlüssellabor für Photovoltaikmaterial und -technologie
Trina Solar	Staatliches (Firmen-) Schlüssellabor für Photovoltaikwissenschaft und -technologie
Jiangxi LDK Solar Technology	Nationales Ingenieurwissenschaftliche Forschungszentrum für Photovoltaik
Beijing Goldwind Science & Creation Windpower Equipment (bzw. Tochter Xinjiang Goldwind Technology Group)	Nationales Ingenieurwissenschaftliches Forschungszentrum für Windkraftmaschinen
Zhejiang Windey	Staatliches (Firmen-) Schlüssellabor für Windkraft- und Windenergiesysteme

QUELLE: eigene Zusammenstellung (siehe Fußnoten im Textteil)

## Anhang V Generelle Informationen zu zentralen APRA-Ländern

TABELLE A7: Bevölkerungsentwicklung und -struktur 2019–50

	2019	2030	2050
<b>China</b>			
Gesamt (in Mio.)	1,4	1.464	1.402
Unter 15 Jahre	17,8	14,8	14,2
Über 65 Jahre	11,5	15,8	26,1
25–64 Jahre	58,8	55,8	49,9
Lebenserwartung	76,9		
<b>Indien</b>			
Gesamt (in Mio.)	1,4	1.503	1.607
Unter 15 Jahre	26,6	23	18,5
Über 65 Jahre	6,4	8,6	13,8
25–64 Jahre	48,9	52,4	54,2
Lebenserwartung	69,7		
<b>Japan</b>			
Gesamt	126,9	120,76	105,8
Unter 15 Jahre	12,6	11,1	11,6
Über 65 Jahre	28	30,9	37,7
25–64 Jahre	50,1	48,9	42,6
Lebenserwartung	84,6		
<b>Südkorea</b>			
Gesamt	51,2	52,1	46,8
Unter 15 Jahre	12,8	10,5	9,9
Über 65 Jahre	15,1	24,8	38,1
25–64 Jahre	60,6	55,8	44,6
Lebenserwartung	83,0		

QUELLE: UN Department of Economic and Social Affairs, Vol. II, Demographic Profiles, 2019, World Population Prospects



# Datenblätter der Länder

## Datenblätter

Die im Folgenden dargestellten Datenblätter bieten einen Überblick über die wichtigsten Indikatoren im Kontext von Wissenschaft, Bildung und Innovation. Es werden allgemeine Daten zur Wirtschaftsleistung (BIP, Beschäftigte, Arbeitslosigkeit) sowie zum Input (Bildungsausgaben, Forschende, FuE-Aufwendungen) zu FuE-Ertragsindikatoren und zum Wissenschaftssystem (Patente, Publikationen) und zum Wissenschaftsprofil (Spezialisierung) sowie zum internationalen Handel, insbesondere mit Hochtechnologie-Waren – also Güter, die sich durch eine hohe FuE-Intensität auszeichnen (mehr als 2,5 % FuE-Aufwendungen am Umsatz; siehe Gehrke et al. 2013)<sup>227</sup> – vorgestellt. Einige zentrale Indikatoren zu Kooperation in Wissenschaft und Technologie auf Basis von Patenten, Publikationen, Studierenden- und Wissenschaftlermobilität werden ebenfalls ausgewiesen. Es werden für Patente und Publikationen für jedes der betrachteten Länder die Anteile der untersuchten Partnerländer an allen Ko-Publikationen bzw. -Patenten des jeweiligen Landes ausgewiesen.

**TABELLE A8: Beispieltabelle für die Datenblätter, inkl. Indikatorbeschreibungen**

Beschäftigte (Jahr)*	Anzahl der Beschäftigten des jeweiligen Landes	Ilostat
Arbeitslosenquote	Arbeitslosenquote des jeweiligen Landes	Ilostat
FuE-Intensität (Jahr)	FuE-Ausgaben eines Landes in Mrd. \$ als Anteil am BIP	OECD–Main Science and Technology Indicators
FuE-Ausgaben (Jahr)	FuE-Ausgaben eines Landes in Mrd. \$	OECD–Main Science and Technology Indicators
Patente transnational (Jahr)	Anzahl der transnationalen Patentanmeldungen des jeweiligen Landes	EPA – PATSTAT
Patente pro 1 Mio. Einwohner (Jahr)	Anzahl der transnationalen Patentanmeldungen des jeweiligen Landes pro 1 Mio. Einwohner des Landes	EPA – PATSTAT
Anteil an weltweiten Patenten (Jahr)	Anteil der transnationalen Patentanmeldungen des jeweiligen Landes an allen transnationalen Patentanmeldungen weltweit	EPA – PATSTAT
Patente CNIPA (Jahr)	Anzahl der Patentanmeldungen des jeweiligen Landes am CNIPA (Chinesisches Patentamt)	EPA – PATSTAT
Publikationen Scopus	Anzahl der Publikationen des jeweiligen Landes	Elsevier – Scopus
Publikationen pro 1 Mio. Einwohner	Anzahl der Publikationen des jeweiligen Landes pro 1 Mio. Einwohner des Landes	Elsevier – Scopus
Anteil an weltweiten Publikationen	Anteil der Publikationen des jeweiligen Landes an allen Publikationen weltweit	Elsevier – Scopus

ANMERKUNG: \* das Referenzjahr wird in Klammern angegeben. Die Angaben ohne Jahr beziehen sich auf das letzte verfügbare Jahr in den jeweiligen Daten.

<sup>227</sup> Gehrke, B., R. Frietsch, P. Neuhäusler, Rammer, C. (2013): *Neuabgrenzung forschungsintensiver Industrien und Güter, NIW/ISI/ZEW-Listen 2012*. Studien zum deutschen Innovationssystem 8–13, Berlin: Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI).

## Fortsetzung TABELLE A8

Durchschn. Zittrate Crown (Jahr)	<p>Der Crown-Indikator wurde von der bibliometrischen Gruppe CWTS von der Universität Leiden eingeführt. Die bibliometrische Leistungsfähigkeit eines Landes misst sich demnach durch die Gegenüberstellung der durchschnittlichen Zitathäufigkeit der Publikationen mit der durchschnittlichen feldspezifischen erwarteten Zittrate. Ein CI-Wert unter 1, z. B. 0,9 bedeutet, dass die Publikationen der beobachteten Einheit 10 % unter dem internationalen Erwartungswert (Durchschnitt) zitiert werden. Ein CI-Wert über 1 bedeutet, dass die Publikationen der beobachteten Einheit über dem internationalen Erwartungswert (Durchschnitt) zitiert werden. Der Crown-Indikator einer Einheit berechnet sich folgendermaßen:</p> $CI_x = \frac{(\sum_{i=1}^{P_x} Cit_x / \sum_{i=1}^{P_x} P_x)}{FCS}$ <p>Wobei Cit<sub>x</sub> die Anzahl der Zitationen der Publikationen der Einheit x, P<sub>x</sub> die Anzahl der Publikationen im Projekt x und FCS die durchschnittliche feldspezifische Zittrate ist. Letztere wird berechnet als</p> $FCS_x = \frac{\sum_{i=1}^{P_x} Cit(p_{xi})}{P_x}$ <p>Wobei P<sub>x</sub> die Anzahl der Publikationen im Feld x und Cit(p<sub>xi</sub>) die Anzahl der Zitationen aller Publikation p<sub>xi</sub> darstellen.</p>	Elsevier – Scopus
Exzellenzrate (10%, Jahr)	<p>Die Exzellenzrate (ER) gibt an, wie viele der Publikationen eines Landes bzw. einer Region oder Organisationseinheit zu den „exzellenten“ Publikationen weltweit gehören. Exzellenz wird hierbei über die relative Zittrate definiert. Als „exzellente“ gelten die jeweils 10 % höchstzitierten Publikationen. Für ein Land oder eine Einrichtung wird dann ermittelt, wie viele der Publikationen bzw. welcher Anteil der eigenen Publikationen zu diesen Top-10 % gehören. Die ER berechnet sich somit wie folgt:</p> $ER_k = \frac{E_k}{P_k}$ <p>ER<sub>k</sub>: Exzellenzrate für Land/Region/Organisation k  P<sub>k</sub>: Anzahl Publikationen von Land/Region/Organisation k  E<sub>k</sub>: Anzahl Publikationen von Land/Region/Organisation k, die zu den Top 10 % zitierten Publikationen weltweit gehören.</p>	Elsevier – Scopus
WEF Index (Jahr)	Indexwert und Rang des Landes im Länderranking des World Economic Forum (WEF)	World Economic Forum (WEF)
Global Innovation Index (0–100)	Indexwert und Rang des Landes im Länderranking des Global Innovation Index	Global Innovation Index
Anteil Bildungsausgaben am BIP (Jahr)	Anteil der Anteil Bildungsausgaben am Bruttoinlandsprodukt (BIP) des jeweiligen Landes	UNESCO Statistics, China National Bureau of Statistics, Taiwan Statistical Bureau
Anteil Bildungsausgaben (nur tertiär) (Jahr)	Anteil der Anteil Bildungsausgaben am Bruttoinlandsprodukt (BIP) des jeweiligen Landes, nur Bildungsausgaben im tertiären Bereich	UNESCO Statistics, China National Bureau of Statistics, Taiwan Statistical Bureau
Anteil Hochschulabsolventen an Gesamtbevölkerung (Jahr)	Anteil der Hochschulabsolventen an der Gesamtbevölkerung des jeweiligen Landes	UNESCO Statistics, Statistisches Bundesamt, Taiwan Ministry of the Interior
Anteil Promovierte an Gesamtbevölkerung (Jahr)	Anteil der Promovierten an der Gesamtbevölkerung des jeweiligen Landes	World Bank Education Statistics
Forschende pro Mio. Einwohner des jeweiligen Landes (Jahr)	Forschende pro 1 Mio. Einwohner des jeweiligen Landes	UNESCO Statistics, OECD Statistics, Taiwan Statistical Bureau
Anteil der Forscherinnen	Anteil der Forscherinnen an allen Forschenden des jeweiligen Landes	UNESCO Statistics
FuE-Ausgaben nach Sektor (Jahr), in Prozent BIP: GovERD   HERD	FuE-Ausgaben nach Sektor (Sektor: GovERD=Government expenditure on R&D; HERD=Higher-education expenditure on R&D)	OECD – Science Technology and Innovation Outlook, OECD – Main Science and Technology Indicators

Fortsetzung TABELLE A8

Ausländische Studierende im Inland (Jahr)	Anzahl der ausländischen Studierenden im jeweiligen Land (inkl. der Top-3 Herkunftsländer aus dem APRA-Raum)	UNESCO Statistics, Center for Strategic and International Studies, Statistisches Bundesamt
Inländische Studierende im Ausland (Jahr)	Anzahl der inländischen Studierenden im Ausland (inkl. der Top-3 Zielländer)	UNESCO Statistics
Wissenschaftlermobilität (von-bis)	Anzahl der mobilen Wissenschaftler (Wissenschaftler im Ausland) im angegebenen Zeitraum (inkl. der Top-3 Herkunftsländer aus dem APRA-Raum & der Top-3 Zielländer & Anteil an allen APRA-Ländern, Zielländern und anderen Ländern)	OECD Scoreboard
Hochschulpartnerschaften: durchschnittliche Anzahl pro Hochschule (Jahr)	Durchschnittliche Anzahl der Hochschulpartnerschaften pro Hochschule (inkl. des Anteils an allen APRA-Ländern, Zielländern und anderen Ländern)	DAAD Datenerhebung 2018
Durchschnittlicher Rang Top-3 Hochschulen (Jahr)	Durchschnittlicher Rang der Top-3 Hochschulen des jeweiligen Landes nach Times Higher Education (THE) und Quacquarelli Symonds (QS) Ranking	Times Higher Education Ranking; QS World University Rankings
Spezialisierungsindex für Publikationen (RLA oder Revealed Literature Advantage)	<p>Der RLA dient dazu, das wissenschaftliche Profil eines Landes darzustellen. Er zeigt an, in welchen Bereichen ein Land im Vergleich zum gesamten weltweiten Publikationsaufkommen stark oder schwach vertreten ist. Er errechnet sich folgendermaßen:</p> $RLA_{ij} = 100 * \tanh\left(\frac{P_{ij} / \sum_{k=1}^J P_{ik}}{\sum_{h=1}^I P_{hj} / \sum_{h=1}^I \sum_{k=1}^J P_{hk}}\right)$ <p>(Land h = 1 bis I; Wissenschaftsbereich k = 1 bis J, Publikationen p)</p> <p>wobei P<sub>ij</sub> für die Anzahl der Publikationen im Land i im Wissenschaftsbereich j steht. Positive Vorzeichen bedeuten, dass ein Wissenschaftsbereich ein höheres Gewicht innerhalb eines Landes als in der Welt einnimmt. Dementsprechend stellt ein negatives Vorzeichen eine unterdurchschnittliche Spezialisierung dar. Der Indikator ist auf einen Wertebereich von -100 (stark negative Spezialisierung) bis +100 (stark positive Spezialisierung) normalisiert. Er geht zurück auf frühere Indikatoren für die Handelsspezialisierung und baut auf dem Konzept des komparativen Vorteils auf. Der erste, der einen Indikator für komparativen Vorteil einführte, war Balassa (1965),<sup>228</sup> der den Indikator Revealed Comparative Advantage (RCA) nannte. Auf diesem Indikator sind RPA und RLA aufgebaut.</p>	Elsevier – Scopus
Spezialisierungsindex für Patente (RPA oder Revealed Patent Advantage)	<p>Der RPA dient dazu, das technologische Profil eines Landes darzustellen. Er zeigt an, in welchen Bereichen ein Land im Vergleich zum gesamten weltweiten Patentaufkommen stark oder schwach vertreten ist. Er errechnet sich folgendermaßen:</p> $RPA_{ij} = 100 * \tanh\left(\frac{P_{ij} / \sum_{k=1}^J P_{ik}}{\sum_{h=1}^I P_{hj} / \sum_{h=1}^I \sum_{k=1}^J P_{hk}}\right)$ <p>(Land h = 1 bis I; Technologiefeld k = 1 bis J, Patente p)</p> <p>wobei P<sub>ij</sub> für die Anzahl der Patente im Land k im Technologiefeld j steht. Positive Vorzeichen bedeuten, dass ein Technologiefeld ein höheres Gewicht innerhalb eines Landes als in der Welt einnimmt. Dementsprechend stellt ein negatives Vorzeichen eine unterdurchschnittliche Spezialisierung dar. Der Indikator ist auf einen Wertebereich von -100 (stark negative Spezialisierung) bis +100 (stark positive Spezialisierung) normalisiert. Er geht zurück auf frühere Indikatoren für die Handelsspezialisierung und baut auf dem Konzept des komparativen Vorteils auf. Der erste, der einen Indikator für komparativen Vorteil einführte, war Balassa (1965),<sup>229</sup> der den Indikator Revealed Comparative Advantage (RCA) nannte. Auf diesem Indikator sind RPA und RLA aufgebaut.</p>	EPA – PATSTAT

228 Balassa, B. (1965): Trade Liberalisation and Revealed Comparative Advantage. *The Manchester School* 33, 99-123.

229 Ebenda.



## Datenblätter

---

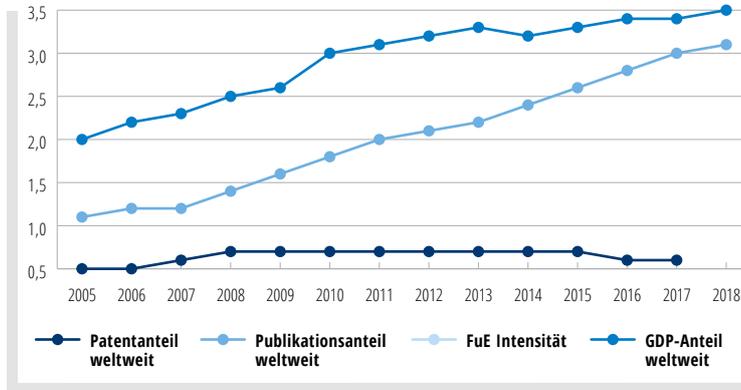
Eine breit angelegte Datensammlung, wie sie mit den hier enthaltenen Datenblättern angestrebt wird, muss notwendigerweise in den meisten Fällen auf Trends und Zeitvergleiche verzichten, um nicht allzu ausladend zu werden. Daher werden an dieser Stelle lediglich einige wenige Trendinformationen zum Anteil der FuE-Ausgaben am BIP, zum BIP selbst sowie zu Patenten und Publikationen im Zeitverlauf dargestellt. Die übrigen Daten beziehen sich auf das letzte verfügbare Jahr bzw. den aktuellsten verfügbaren Zeitraum. Wenn keine anderen Angaben gemacht werden, dann handelt es sich hierbei um das Jahr 2017.

Da nicht alle betrachteten Länder OECD-Mitglieder sind bzw. mit der OECD assoziiert sind, werden Datenquellen mit einer weltweiten Abdeckung verwendet, sofern möglich. Hierbei handelt es sich um die World Development Indicators (WDI) der Weltbank (BIP, Beschäftigte, Bevölkerung, FuE-Ausgaben und Anzahl Forschende). Der internationale Handel und darauf aufbauende Indikatoren werden mithilfe der COMTRADE-Datenbank der Vereinten Nationen berechnet. Die Patentstatistiken werden auf der Grundlage der PATSTAT-Datenbank des Europäischen Patentamts erzeugt und die wissenschaftlichen Publikationen werden auf Basis der Datenbank Scopus von Elsevier ausgewiesen, da diese Datenbank gegenüber der Alternative Web of Science bzw. Science Citation Index (SCI) von Clarivate eine höhere Gesamtabdeckung und insbesondere eine höhere Abdeckung im asiatisch-pazifischen Raum erreicht. Für einige Länder – allen voran Taiwan – finden sich bei der Weltbank keine Angaben, weswegen in einigen Fällen auf die Daten der OECD (Main Science and Technology Indicators) zurückgegriffen wird.

Die in den Datenblättern angegebenen Rangpositionen (z. B. „Australien – Anteil Bildungsausgaben am BIP (2015): #5“) beziehen sich auf die Gesamtheit der 17 APRA- und Benchmark-Länder. Der Indikator „Durchschnittlicher Rang Top-3 Hochschulen“ bezieht sich auf den durchschnittlichen Rang der drei bestplatzierten Hochschulen im QS- bzw. THE-Hochschulranking. Tendenzen werden mit den folgenden Symbolen wiedergegeben: ▲ (steigend), ▼ (fallend), und – (unverändert).

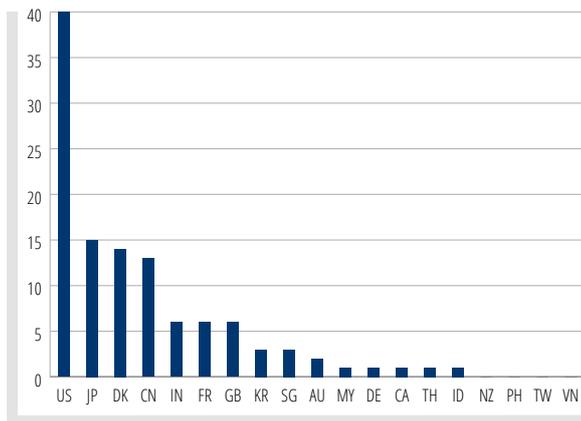
# ASEAN

LAND: ASEAN; BEVÖLKERUNG: 645,8 Millionen; FLÄCHE: 3.295.170 km<sup>2</sup>

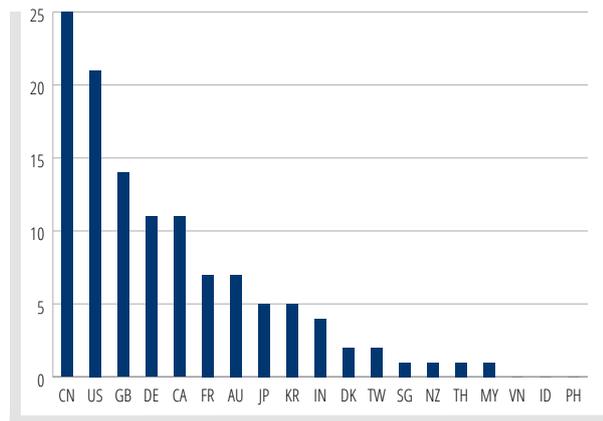


BIP	2.986 Mrd. \$
BIP pro Kopf (2017)	4.601 \$
Exporte (2015)	1.182 Mrd. \$
davon extra-ASEAN	876 Mrd. \$
Exportquote	44,3 %
davon extra-ASEAN	36,1 %
Handelsbilanz (2015)	+ 94 Mrd. \$
davon extra-ASEAN	+ 26 Mrd. \$
Exporte nach D.	-
Importe aus D	-
Welthandelsanteil (2015)	7,56 %
davon extra-ASEAN	5,61 %

## Anteile der Partnerländer an den Ko-Patenten



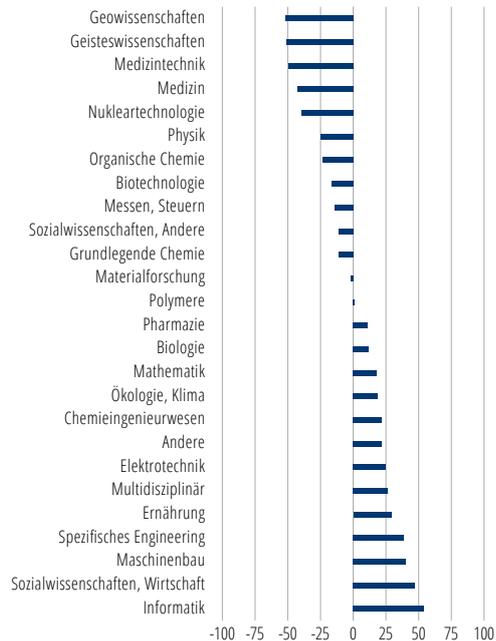
## Anteile der Partnerländer an den Ko-Publikationen



## Indikatoren des Innovationssystems

Beschäftigte (2018)	318,1 Mio.
Arbeitslosenquote	—
FuE-Intensität (2016)	—
FuE-Ausgaben (2016)	—
Anzahl Forschende pro 1 Mio. Einwohner (2011)	—
Patente transnational (2017)	1.787
Patente pro 1 Mio. Einwohner (2017)	3
Anteil an weltweiten Patenten (2017)	0,6%
Patente CNIPA (2015)	2841
Publikationen Scopus	—
Publikationen pro 1 Mio. Einwohner	—
Anteil an weltweiten Publikationen	3,2%
Durchschn. Zittrate Crown (2016)	—
Exzellenzrate (10%, 2016)	—
WEF Index (2016)	x (y)
Global Innovation Index (0-100)	x (y)

## Spezialisierungsindex bei Publikationen



Anteil Bildungsausgaben am BIP (2017) ‡	3,38%
Anteil Bildungsausgaben (nur tertiär) (2018) ‡	2,54%
Anteil Hochschulabsolventen an Gesamtbevölkerung (2018) ‡	0,67%
Anteil Promovierte an Gesamtbevölkerung (2018) ‡	0,004%
Forschende pro Mio. Einwohner (2017) ‡	11.761
Anteil der Forscherinnen (2015) ‡	49,07%
Forschungsförderung (2017) ✖, in % BIP: GovERD   HERD	n.v.
Ausländische Studierende im Inland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Herkunftsländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	166.866 CN, KR, VN, TH, ID
Inländische Studierende im Ausland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Zielländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	285.911 AU, US, JP, UK, MY
Wissenschaftlermobilität (2006–16) § Top-3 APRA-Herkunftsländer   Zielländer Anteil APRA   Benchmark   Andere	—
Hochschulpartnerschaften: durchschnittliche Anzahl pro Hochschule (2018) Δ Anteil APRA   Benchmark   Andere	—
Durchschnittlicher Rang Top-3 Hochschulen (2020)	579,8 (THE)   411,6 (QS)

\* HT = Hochtechnologie, definiert entsprechend Gehrke et al. 2013

+ Quelle: UN-COMTRADE; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

‡ Tendenzen (▲ – steigend bzw. ▼ – fallend bzw. — – unverändert) basieren auf dem Vergleich zum jeweiligen Vorjahr.

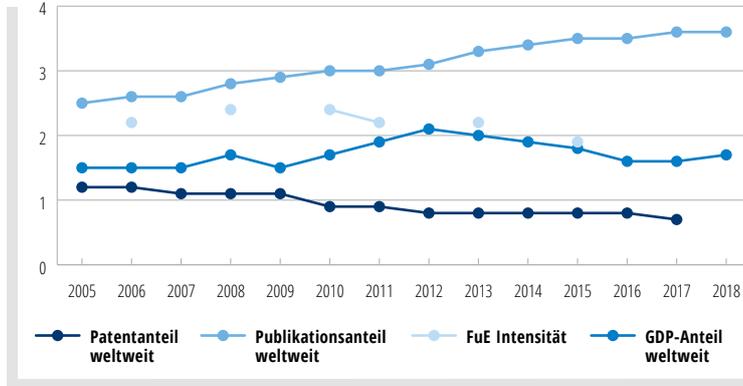
§ Die Anzahl der Wissenschaftlermobilitäten bezieht sich auf die Summe von Inbound- und Outbound-Mobilitäten.

Δ Daten basieren auf einer Abfrage von 15 ausgewählten Hochschulen im Land.

✖ Quelle: OECD-Datenbank

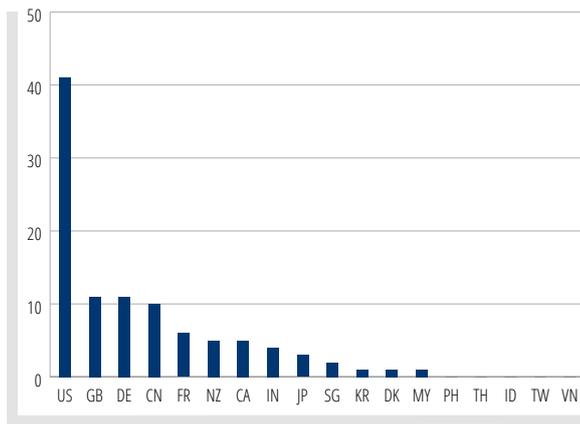
# Australien

LAND: Australien; BEVÖLKERUNG: 24,6 Millionen; FLÄCHE: 7.692.000 km<sup>2</sup>

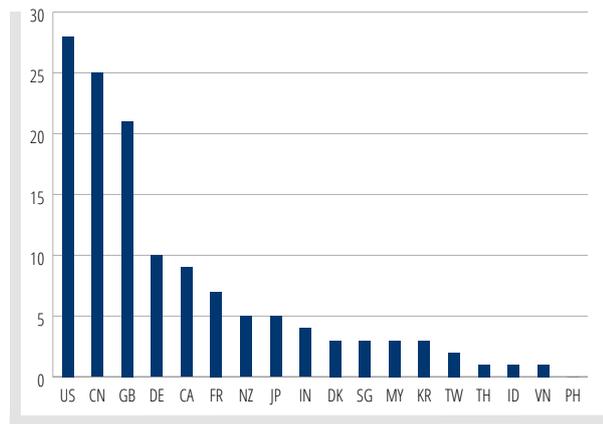


BIP	1.432 Mrd. \$
BIP pro Kopf	57.305 \$
Exporte +	230 Mrd. \$
Exporte HT +	14 Mrd. \$
Exportquote +	17,3%
Handelsbilanz +	0,1%
Handelsbilanz HT* +	-5,6%
Exporte nach D. +	0,7%
Importe aus D +	6,4%
Welthandelsanteil +	1,4%
Welthandelsanteil HT* +	0,2%

## Anteile der Partnerländer an den Ko-Patenten



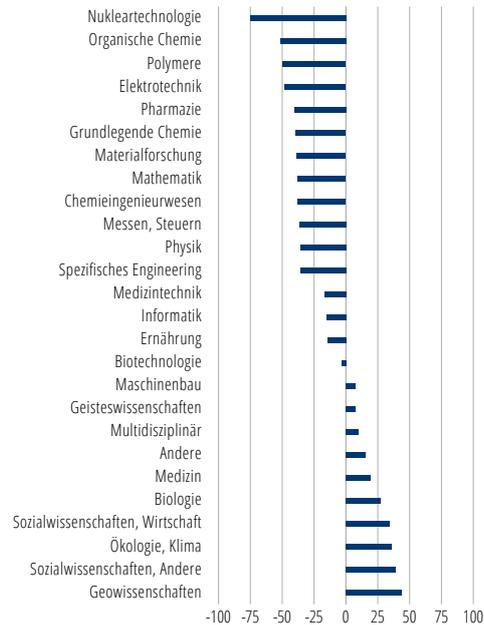
## Anteile der Partnerländer an den Ko-Publikationen



## Indikatoren des Innovationssystems

Beschäftigte (2018)	12,3 Mio.
Arbeitslosenquote (2018)	5,3%
FuE-Intensität (2015)	1,9%
FuE-Ausgaben (2015)	21.2 Mrd. \$
Anzahl Forschende pro 1 Mio. Einwohner (2010)	4.539,5
Patente transnational (2017)	2.131
Patente pro 1 Mio. Einwohner (2017)	87
Anteil an weltweiten Patenten (2017)	0,7%
Patente CNIPA (2015)	1.639
Publikationen Scopus	84.174
Publikationen pro 1 Mio. Einwohner	3.368
Anteil an weltweiten Publikationen	3,7%
Durchschn. Zittrate Crown (2016)	1,5
Exzellenzrate (10%, 2016)	16,1%
WEF Index (2016) 4.0	78,7 (16)
Global Innovation Index (0-100)	50,34 (22)

## Spezialisierungsindex bei Publikationen



Anteil Bildungsausgaben am BIP (2016) ‡	5,28% ▼ # 4
Anteil Bildungsausgaben (nur tertiär) (2016) ‡	1,42% ▼ # 3
Anteil Hochschulabsolventen an Gesamtbevölkerung (2017) ‡	1,52% — # 2
Anteil Promovierte an Gesamtbevölkerung (2017) ‡	0,038% ▲ # 2
Forschende pro Mio. Einwohner (2010) ‡	4.539 ▲ # 5
Anteil der Forscherinnen	n.v.
Forschungsförderung (2016) §, in % BIP: GovERD   HERD	0,19%   0,62%
Ausländische Studierende im Inland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Herkunftsländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	376.296 CH, IN, VN, MY, ID
Inländische Studierende im Ausland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Zielländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	13.533 US, NZ, UK, DE, CA
Wissenschaftlermobilität (2006–16) § Top-3 APRA-Herkunftsländer   Zielländer Anteil APRA   Benchmark   Andere	73.964 #7 ◀UK, US, CN   ▶US, UK, CN 16,1% 80,1% 3,8%→
Hochschulpartnerschaften: durchschnittliche Anzahl pro Hochschule (2018) Δ Anteil APRA   Benchmark   Andere	208 21,9% 23,1% 54,9%
Durchschnittlicher Rang Top-3 Hochschulen (2020) ‡	▼ 46,7 (THE)   ▼ 36,3 (QS)

Australien gehört mit gut 57.305 USD BIP pro Kopf zu den entwickelten Ländern mit hohem Einkommen. Dabei sind es vor allem Rohstoffe und landwirtschaftliche Produkte, die Australien der Welt anbietet, weniger ausgeprägt auch Hochtechnologiewaren. Die FuE-Intensität des Landes ist mit 1,9% etwa auf dem Niveau des EU-Durchschnitts und liegt damit leicht unter dem OECD-Durchschnitt. Die Patentanzahl ist entsprechend eher als niedrig zu bezeichnen und konzentriert sich im Wesentlichen auf Lebenswissenschaften (Pharmazie, Biologie, Biotechnologie) sowie auf Medizintechnik. Australien hat hingegen ein ausgeprägtes Wis-

senschaftssystem mit Schwerpunkten in den Bereichen Geowissenschaften, Biologie und Ökologie/Klima sowie in den Sozialwissenschaften. Die Publikationen sind von hoher Sichtbarkeit und Qualität, wie die Exzellenzrate und die durchschnittliche Zittrate belegen. Die hohe internationale Sichtbarkeit, gerade auch in den Sozialwissenschaften, kommt auch auf Grund des Sprachvorteils zustande. Als wissenschaftlicher Partner spielt Australien eine wichtige Rolle in der Region und pflegt einen intensiven Austausch unter anderem mit China und Japan sowie dem Nachbarn Neuseeland.

\* HT = Hochtechnologie, definiert entsprechend Gehrke et al. 2013

+ Quelle: UN-COMTRADE; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

‡ Tendenzen (▲ - steigend bzw. ▼ - fallend bzw. — - unverändert) basieren auf dem Vergleich zum jeweiligen Vorjahr.

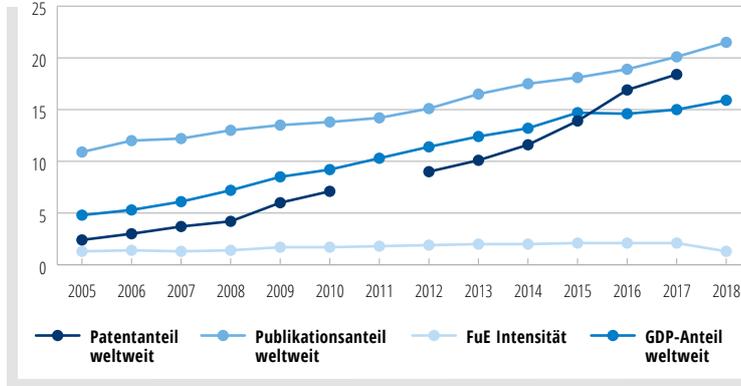
§ Die Anzahl der Wissenschaftlermobilitäten bezieht sich auf die Summe von Inbound- und Outbound-Mobilitäten.

Δ Daten basieren auf einer Abfrage von 15 ausgewählten Hochschulen im Land.

• Quelle: OECD-Datenbank

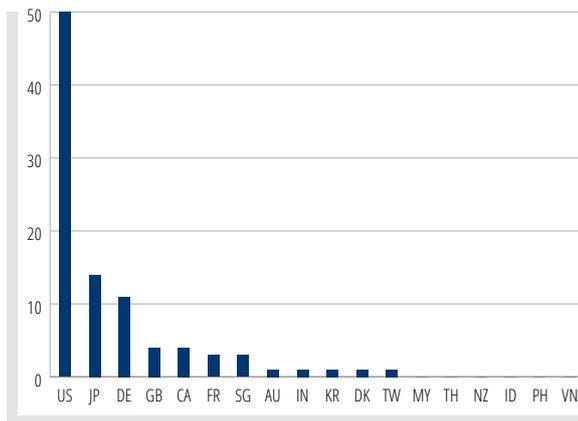
# China

LAND: China; BEVÖLKERUNG: 1386 Millionen; FLÄCHE: 9.597.000 km<sup>2</sup>

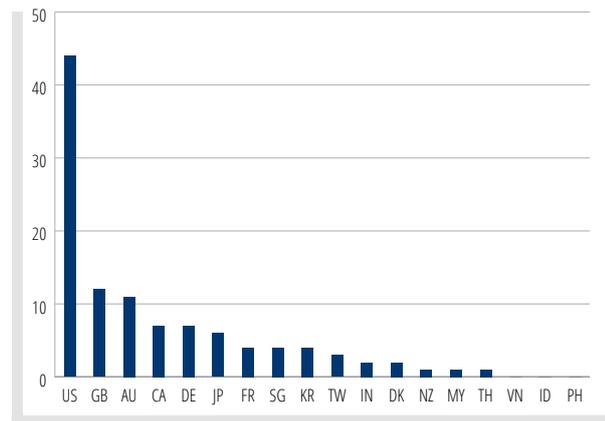


BIP	13.608 Mrd. \$
BIP pro Kopf	9.771 \$
Exporte + (2017)	2.263 Mrd. \$
Exporte HT* + (2017)	872 Mrd. \$
Exportquote + (2017)	18,6%
Handelsbilanz + (2017)	3,5%
Handelsbilanz HT* + (2017)	3,0%
Exporte nach D. + (2017)	3,1%
Importe aus D. + (2017)	8,5%
Welthandelsanteil + (2017)	13,4%
Welthandelsant. HT* + (2017)	15,1%

## Anteile der Partnerländer an den Ko-Patenten



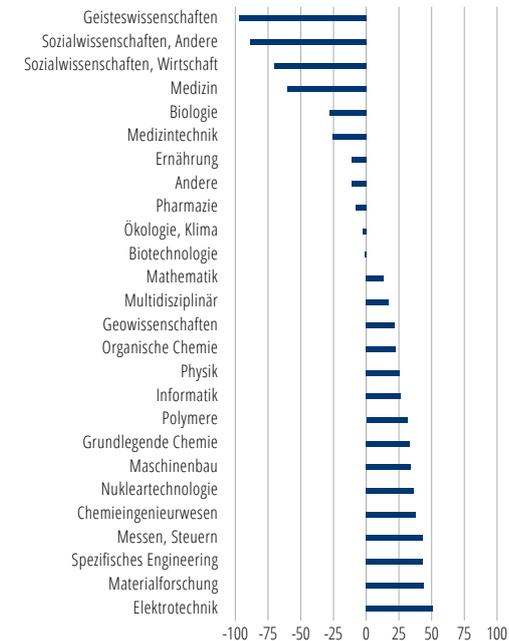
## Anteile der Partnerländer an den Ko-Publikationen



## Indikatoren des Innovationssystems

Beschäftigte (2018)	766 Mio.
Arbeitslosenquote	—
FuE-Intensität (2016)	2,1%
FuE-Ausgaben (2017)	496 Mrd. \$
Anzahl Forschende pro 1 Mio. Einwohner (2017)	1234,8
Patente transnational (2017)	53.695
Patente pro 1 Mio. Einwohner (2017)	39
Anteil an weltweiten Patenten (2017)	18,4%
Patente CNIPA (2015)	775.495
Publikationen Scopus	495.876
Publikationen pro 1 Mio. Einwohner	356,2
Anteil an weltweiten Publikationen	21,5%
Durchschn. Zittrate Crown (2015)	1,0
Exzellenzrate (10%, 2015)	10,6%
WEF Index (2016) 4.0	73,9 (28)
Global Innovation Index (0-100)	54,82 (14)

## Spezialisierungsindex bei Publikationen



Anteil Bildungsausgaben am BIP (2017) ‡	4,14% ▼ # 11
Anteil Bildungsausgaben (nur tertiär) (1999) ‡	0,45% ▲ # 16
Anteil Hochschulabsolventen an Gesamtbevölkerung (2018) ‡	0,90% ▲ # 10
Anteil Promovierte an Gesamtbevölkerung (2018) ‡	0,004% ▲ # 13
Forschende pro Mio. Einwohner (2017) ‡	1.235 ▲ # 12
Anteil der Forscherinnen	n.v.
Forschungsförderung (2017) §, in % BIP: GovERD   HERD	0,33%   0,15%
Ausländische Studierende im Inland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Zielländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer) ☉	— KR, TH, PK, US, IN
Inländische Studierende im Ausland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Herkunftsländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	928.126 US, AU, UK, JP, CA
Wissenschaftlermobilität (2006–16) § Top-3 APRA-Herkunftsländer   Zielländer Anteil APRA   Benchmark   Andere	144.968 #4 ◀US, HK, JP   ▶US, HK, JP 37,7% 60,8% 1,4% →
Hochschulpartnerschaften: durchschnittliche Anzahl pro Hochschule (2018) Δ Anteil APRA   Benchmark   Andere	145 45,9% 36,0% 18,0%
Durchschnittlicher Rang Top-3 Hochschulen (2020) ‡	▲ 42,3 (THE)   ▲ 26,0 (QS)

China steht an der Schwelle von einem Entwicklungsland zu den sogenannten Middle-Income-Ländern und erreicht ein pro-Kopf-Einkommen von gut 10.000 USD. Das Land hat seine FuE-Ausgaben in den letzten Jahren deutlich ausgeweitet und erreicht ein Niveau von 2,1%. Die nationalen Patentanmeldungen am chinesischen Patentamt CNIPA erreichen hohe sechsstellige Werte. Wesentlich relevanter sind die Anmeldungen auf der transnationalen Ebene, da diese auf internationale Märkte abzielen. Hier hat China seine Anmeldungen ebenfalls deutlich ausgeweitet und Deutschland mittlerweile auf den vierten Platz verdrängt. Die Patentanmeldungen konzentrieren sich dabei auf wenige Unternehmen (und Forschungsorganisationen) sowie auch auf wenige Bereiche, nämlich Informations- und Telekommunikationstechnologien. Dennoch finden sich auch Anmeldungen in anderen Bereichen.

Das chinesische Wissenschaftssystem konnte sich in den letzten Jahren ebenfalls deutlich entwickeln und insbesondere seine Sichtbarkeit und Vernetzung auf der internationalen Ebene ausweiten. Parallel dazu konnte China auch seine zitierbasierten Indikatoren

ausweiten, d. h. auch die Qualität des wissenschaftlichen Outputs konnte im Durchschnitt gesteigert werden. In einzelnen Wissenschaftsfeldern gehört China dabei bereits seit längerem zu den führenden Ländern, so beispielsweise in einigen Bereichen der Materialwissenschaften oder auch der Lebenswissenschaften (Biotechnologie, Gentechnik). Schwerpunkte zeigt das Wissenschaftssystem in der Elektrotechnik, den Materialwissenschaften sowie Teilen der Ingenieurwissenschaften. Darüber hinaus hat China in einigen Disziplinen/Themen hohe Ziele, so beispielsweise in der Quantenforschung oder der Künstlichen Intelligenz. Als Forschungs- und Wissenschaftspartner spielt China mittlerweile für Deutschland eine bedeutende Rolle.

China ist auch wirtschaftlich intensiv mit dem Ausland verbunden und ist mittlerweile das weltweit größte Exportland sowohl insgesamt wie auch im Bereich der Hochtechnologien (FuE-intensive Güter). Es erreicht dabei eine positive Handelsbilanz. Deutschland gehört zu den wichtigsten Handelspartnern Chinas und erreicht dabei im bilateralen Handel eine positive Bilanz.

\* HT = Hochtechnologie, definiert entsprechend Gehrke et al. 2013

+ Quelle: UN-COMTRADE; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

‡ Tendenzen (▲ – steigend bzw. ▼ – fallend bzw. — – unverändert) basieren auf dem Vergleich zum jeweiligen Vorjahr.

☉ Quelle: Ministry of Education, The People's Republic of China ([http://en.moe.gov.cn/documents/reports/201901/t20190115\\_367019.html](http://en.moe.gov.cn/documents/reports/201901/t20190115_367019.html))

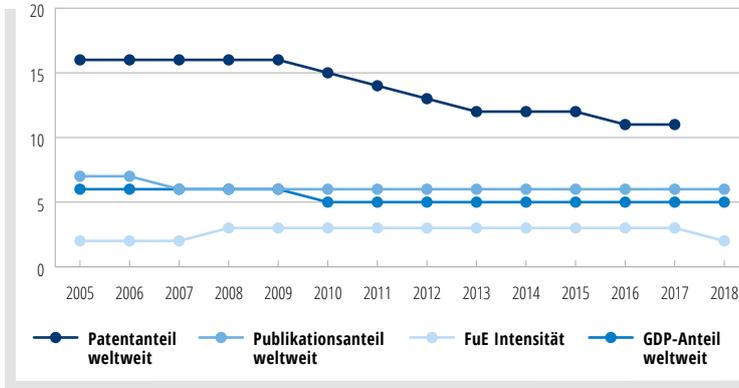
§ Die Anzahl der Wissenschaftlermobilitäten bezieht sich auf die Summe von Inbound- und Outbound-Mobilitäten.

Δ Daten basieren auf einer Abfrage von 15 ausgewählten Hochschulen im Land.

§ Quelle: OECD-Datenbank

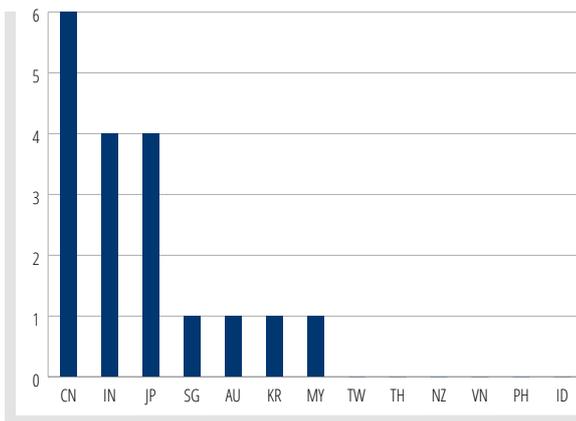
# Deutschland

LAND: Deutschland; BEVÖLKERUNG: 83 Millionen; FLÄCHE: 357.000 km<sup>2</sup>

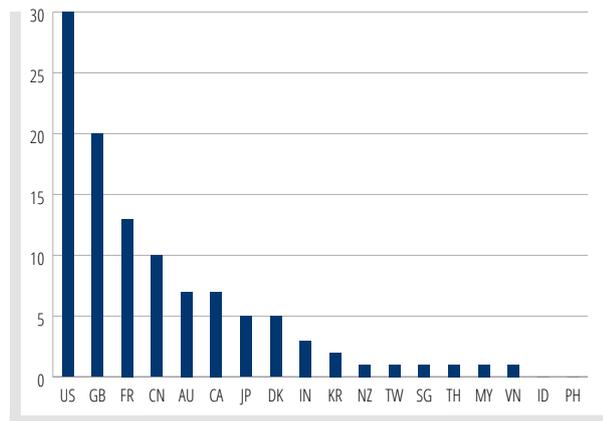


BIP	3.997 Mrd. \$
BIP pro Kopf	48.196 \$
Exporte (2016)	1.341 Mrd. \$
Exporte HT	—
Exportquote (2016)	26,5%
Handelsbilanz (2016)	+ 280 Mrd. \$
Handelsbilanz HT	—
Exporte nach D.	—
Importe aus D	—
Welthandelsanteil (2016)	8,58%
Welthandelsanteil HT	—

## Anteile der Partnerländer an den Ko-Patenten



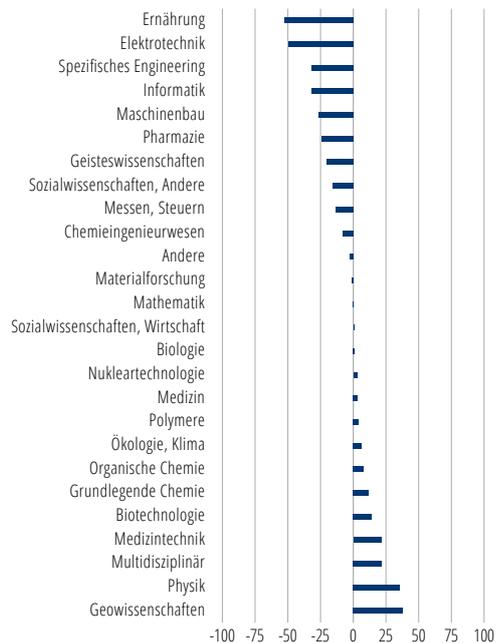
## Anteile der Partnerländer an den Ko-Publikationen



## Indikatoren des Innovationssystems

Beschäftigte (2018)	41,9 Mio.
Arbeitslosenquote (2018)	3,4%
FuE-Intensität (2016)	2,9%
FuE-Ausgaben (2017)	132 Mrd. \$
Anzahl Forschende pro 1 Mio. Einwohner (2017)	5.036,2
Patente transnational (2017)	32.886
Patente pro 1 Mio. Einwohner (2017)	398
Anteil an weltweiten Patenten (2017)	11,3%
Patente CNIPA (2015)	21.856
Publikationen Scopus	136.870
Publikationen pro 1 Mio. Einwohner	1.650,4
Anteil an weltweiten Publikationen	5,9%
Durchschn. Zittrate Crown (2016)	1,3
Exzellenzrate (10%, 2016)	13,7%
WEF Index (2016) 4.0	81,8 (7)
Global Innovation Index (0-100)	58,19 (9))

## Spezialisierungsindex bei Publikationen



Anteil Bildungsausgaben am BIP (2016) ‡	4,80% ▼ # 8
Anteil Bildungsausgaben (nur tertiär) (2016) ‡	1,25% ▲ # 5
Anteil Hochschulabsolventen an Gesamtbevölkerung (2017) ‡	0,69% ▲ # 12
Anteil Promovierte an Gesamtbevölkerung (2017) ‡	0,034% ▼ # 3
Forschende pro Mio. Einwohner (2017) ‡	5.036 ▲ # 4
Anteil der Forscherinnen (2015) ‡	22,6% ▼ # 7
Forschungsförderung (2017) ✖, in % BIP: GovERD   HERD	0,41%   0,53%
Ausländische Studierende im Inland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Zielländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	242.225 CN, IN, FR, US, KR
Inländische Studierende im Ausland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Herkunftsländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	122.357 UK, US, FR, AU, CA
Wissenschaftlermobilität (2006–16) § Top-3 APRA-Herkunftsländer   Zielländer Anteil APRA   Benchmark   Andere	167,513 #3 ◀ US, UK, FR   ▶ US, CH, UK 
Hochschulpartnerschaften: durchschnittliche Anzahl pro Hochschule (2018) Δ Anteil APRA   Benchmark   Andere	n.v. 
Durchschnittlicher Rang Top-3 Hochschulen (2020) ‡	▲ 39,7 (THE)   ▲ 61,3 (QS)

\* HT = Hochtechnologie, definiert entsprechend Gehrke et al. 2013

+ Quelle: UN-COMTRADE; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

‡ Tendenzen (▲ – steigend bzw. ▼ – fallend bzw. — – unverändert) basieren auf dem Vergleich zum jeweiligen Vorjahr.

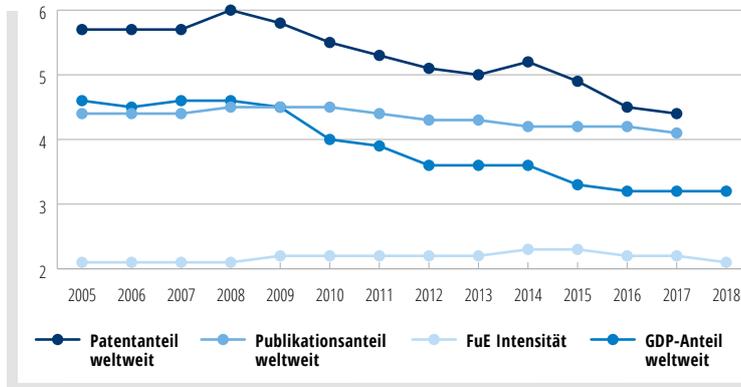
§ Die Anzahl der Wissenschaftlermobilitäten bezieht sich auf die Summe von Inbound- und Outbound-Mobilitäten.

Δ Daten basieren auf dem HRK-Hochschulkompass. Da keine Auswahl von Hochschulen getroffen wurde, lässt sich keine den anderen Ländern vergleichbare Durchschnittszahl errechnen. Generell listet der HRK-Hochschulkompass Kooperationen von rund 300 deutschen Hochschulen mit 5.400 Partnereinrichtungen.

✖ Quelle: OECD-Datenbank

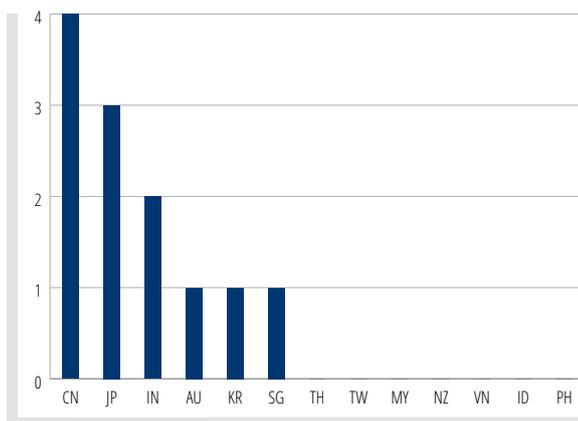
# Frankreich

LAND: Frankreich; BEVÖLKERUNG: 67,1 Millionen; FLÄCHE: 643.800 km<sup>2</sup>

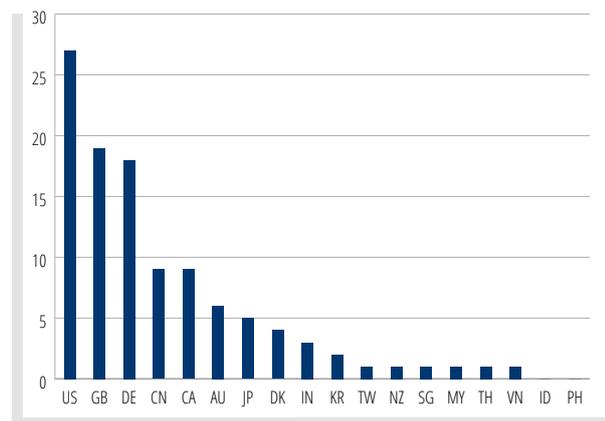


BIP	2.778 Mrd. \$
BIP pro Kopf	41.464 \$
Exporte (2016)	489 Mrd. \$
Exporte HT	—
Exportquote (2016)	561 Mrd. \$
Handelsbilanz (2016)	-72 Mrd. \$
Handelsbilanz HT	—
Exporte nach D.	—
Importe aus D	—
Welthandelsanteil (2016)	3,13%
Welthandelsanteil HT	—

## Anteile der Partnerländer an den Ko-Patenten



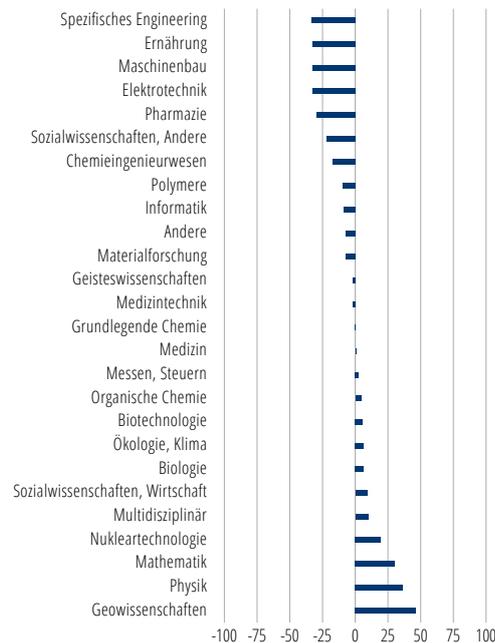
## Anteile der Partnerländer an den Ko-Publikationen

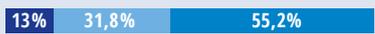


## Indikatoren des Innovationssystems

Beschäftigte (2018)	27,5 Mio.
Arbeitslosenquote (2018)	9,1%
FuE-Intensität (2016)	2,2%
FuE-Ausgaben (2017)	64.7 Mrd. \$
Anzahl Forschende pro 1 Mio. Einwohner (2017)	4.441,1
Patente transnational (2017)	12.893
Patente pro 1 Mio. Einwohner (2017)	192
Anteil an weltweiten Patenten (2017)	4,4%
Patente CNIPA (2015)	5.661
Publikationen Scopus	92.499
Publikationen pro 1 Mio. Einwohner	1.380,8
Anteil an weltweiten Publikationen	4,0%
Durchschn. Zittrate Crown (2016)	1,3
Exzellenzrate (10%, 2016)	12,6%
WEF Index (2016) 4.0	78,8 (15)
Global Innovation Index (0-100)	54,25 (16)

## Spezialisierungsindex bei Publikationen



Anteil Bildungsausgaben am BIP (2016) ‡	5,43% ▼ # 3
Anteil Bildungsausgaben (nur tertiär) (2016) ‡	1,23% ▼ # 6
Anteil Hochschulabsolventen an Gesamtbevölkerung (2017) ‡	1,20% ▲ # 5
Anteil Promovierte an Gesamtbevölkerung (2016) ‡	0,020% ▼ # 8
Forschende pro Mio. Einwohner (2017) ‡	4.441 ▲ # 6
Anteil der Forscherinnen (2015) ‡	26,9% ▲ # 6
Forschungsförderung (2017) ✖, in % BIP: GovERD   HERD	0,28%   0,45%
Ausländische Studierende im Inland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Zielländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	246.285 CN, DE, VN, US, IN
Inländische Studierende im Ausland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Herkunftsländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	89.516 CA, UK, DE, US, JP
Wissenschaftlermobilität (2006–16) § Top-3 APRA-Herkunftsländer   Zielländer Anteil APRA   Benchmark   Andere	121.098 #5 ◀ US, UK, DE   ▶ US, UK, DE 
Hochschulpartnerschaften: durchschnittliche Anzahl pro Hochschule (2018) Δ Anteil APRA   Benchmark   Andere	
Durchschnittlicher Rang Top-3 Hochschulen (2020) ‡	▲ 72,7 (THE)   — 63,3 (QS)

\* HT = Hochtechnologie, definiert entsprechend Gehrke et al. 2013

+ Quelle: UN-COMTRADE; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

‡ Tendenzen (▲ – steigend bzw. ▼ – fallend bzw. — – unverändert) basieren auf dem Vergleich zum jeweiligen Vorjahr.

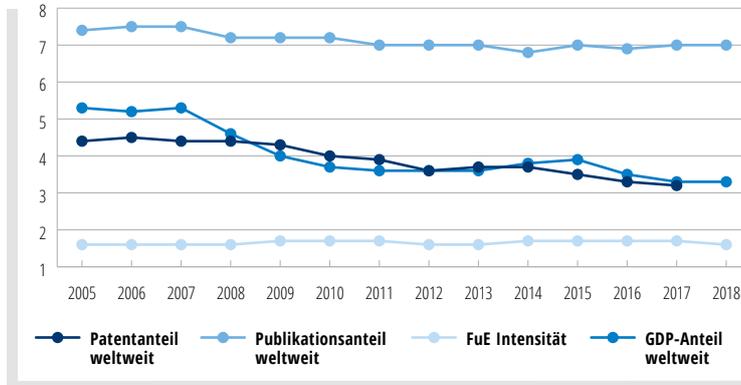
§ Die Anzahl der Wissenschaftlermobilitäten bezieht sich auf die Summe von Inbound- und Outbound-Mobilitäten.

Δ Daten basieren auf einer Abfrage von 15 ausgewählten Hochschulen im Land.

✖ Quelle: OECD-Datenbank

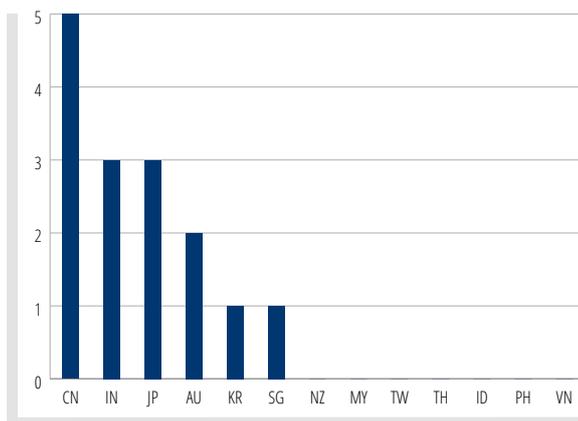
# Großbritannien

LAND: Großbritannien; BEVÖLKERUNG: 66,0 Millionen; FLÄCHE: 242.600 km<sup>2</sup>

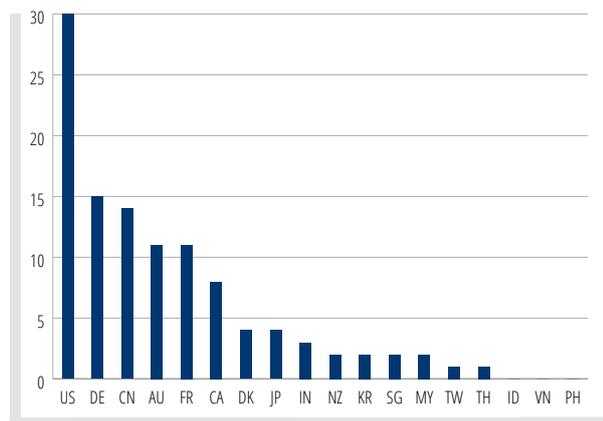


BIP	2.825 Mrd. \$
BIP pro Kopf	42.491 \$
Exporte (2016)	411 Mrd. \$
Exporte HT	—
Exportquote (2016)	22,5 %
Handelsbilanz (2016)	-225 Mrd. \$
Handelsbilanz HT	—
Exporte nach D.	—
Importe aus D	—
Welthandelsanteil (2016)	2,63%
Welthandelsanteil HT	—

## Anteile der Partnerländer an den Ko-Patenten



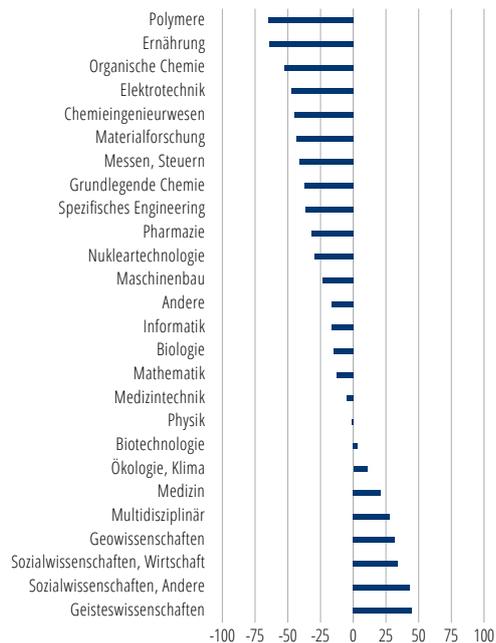
## Anteile der Partnerländer an den Ko-Publikationen



## Indikatoren des Innovationssystems

Beschäftigte (2018)	32,7 Mio.
Arbeitslosenquote (2018)	4,0%
FuE-Intensität (2016)	1,7%
FuE-Ausgaben (2017)	49,4 Mrd. \$
Anzahl Forschende pro 1 Mio. Einwohner (2017)	4.377
Patente transnational (2017)	9.270
Patente pro 1 Mio. Einwohner (2017)	140
Anteil an weltweiten Patenten (2017)	3,2%
Patente CNIPA (2015)	5705
Publikationen Scopus	162.094
Publikationen pro 1 Mio. Einwohner	2.437,9
Anteil an weltweiten Publikationen	7,0%
Durchschn. Zittrate Crown (2016)	1,6
Exzellenzrate (10%, 2016)	16,9%
WEF Index (2016) 4.0	81,2 (9)
Global Innovation Index (0-100)	61,30 (5)

## Spezialisierungsindex bei Publikationen



Anteil Bildungsausgaben am BIP (2016) ‡	5,49% ▼ # 2
Anteil Bildungsausgaben (nur tertiär) (2016) ‡	1,41% ▲ # 4
Anteil Hochschulabsolventen an Gesamtbevölkerung (2016) ‡	1,14% ▲ # 8
Anteil Promovierte an Gesamtbevölkerung (2016) ‡	0,041% ▲ # 1
Forschende pro Mio. Einwohner (2017) ‡	4.377 ▼ # 7
Anteil der Forscherinnen	n.v.
Forschungsförderung (2017) ✖, in % BIP:	
GovERD   HERD	0,11%   0,39%
Ausländische Studierende im Inland (2017 bzw. aktuellstes Jahr)	436.100
Top-5 Zielländer	CN, IN, MY, US, DE
(unter Berücksichtigung der Referenzländer)	
Inländische Studierende im Ausland (2017 bzw. aktuellstes Jahr)	35.471
Top-5 Herkunftsländer	US, DE, AU, FR, CA
(unter Berücksichtigung der Referenzländer)	
Wissenschaftlermobilität (2006-16) §	234.166 #2
Top-3 APRA-Herkunftsländer   Zielländer	◀ US, DE, AU   ▶ US, AU, DE
Anteil APRA   Benchmark   Andere	19,6%   52,5%   27,9%
Hochschulpartnerschaften: durchschnittliche Anzahl pro Hochschule (2018) Δ	126
Anteil APRA   Benchmark   Andere	14,8%   41,0%   44,1%
Durchschnittlicher Rang Top-3 Hochschulen (2020) ‡	▼ 4,7 (THE)   — 6,3 (QS)

\* HT = Hochtechnologie, definiert entsprechend Gehrke et al. 2013

+ Quelle: UN-COMTRADE; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

‡ Tendenzen (▲ - steigend bzw. ▼ - fallend bzw. — - unverändert) basieren auf dem Vergleich zum jeweiligen Vorjahr.

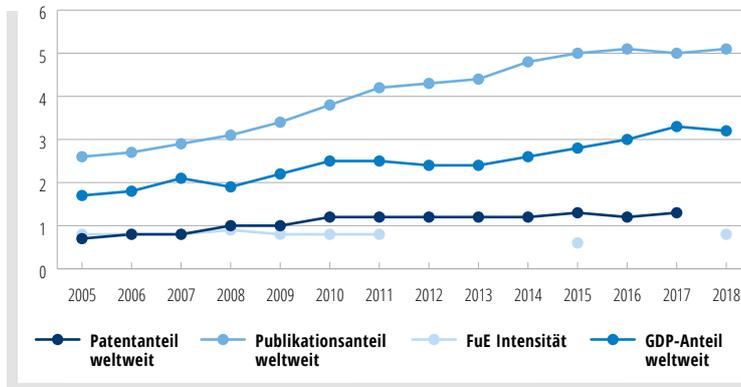
§ Die Anzahl der Wissenschaftlermobilitäten bezieht sich auf die Summe von Inbound- und Outbound-Mobilitäten.

Δ Daten basieren auf einer Abfrage von 15 ausgewählten Hochschulen im Land.

✖ Quelle: OECD-Datenbank

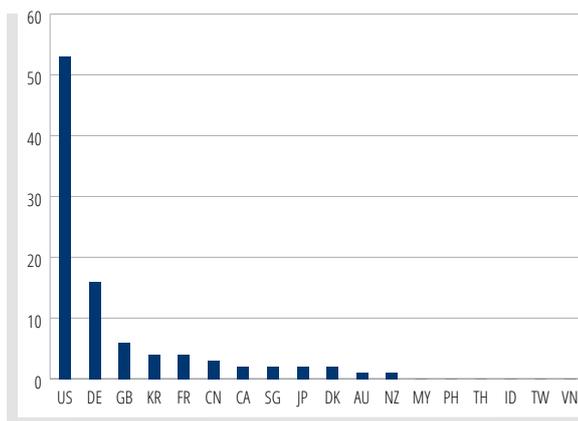
## Indien

LAND: Indien; BEVÖLKERUNG: 1349 Millionen; FLÄCHE: 3.287.000 km<sup>2</sup>

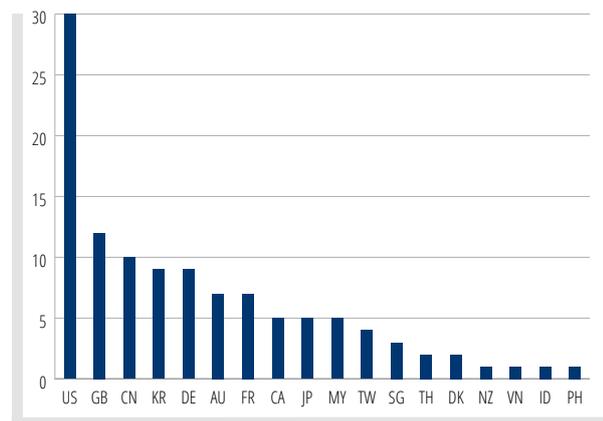


BIP	2.726 Mrd. \$
BIP pro Kopf	2.016 \$
Exporte +	294 Mrd. \$
Exporte HT* +	65 Mrd. \$
Exportquote +	11,1%
Handelsbilanz +	-1,0%
Handelsbilanz HT* +	-5,6%
Exporte nach D. +	2,8%
Importe aus D +	5,4%
Welthandelsanteil +	1,7%
Welthandelsanteil HT* +	1,1%

### Anteile der Partnerländer an den Ko-Patenten



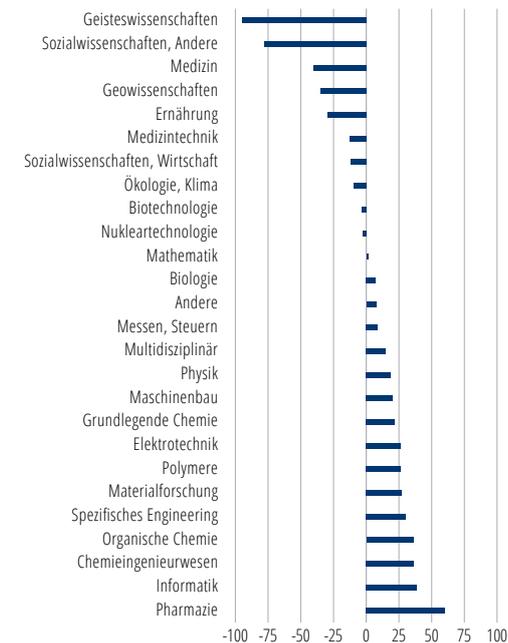
### Anteile der Partnerländer an den Ko-Publikationen

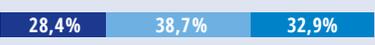


### Indikatoren des Innovationssystems

Beschäftigte (2018)	497,5 Mio.
Arbeitslosenquote (2018)	5,3%
FuE-Intensität (2015)	0,6%
FuE-Ausgaben (2016)	—
Anzahl Forschende pro 1 Mio. Einwohner (2015)	216,2
Patente transnational (2017)	3.827
Patente pro 1 Mio. Einwohner (2017)	3
Anteil an weltweiten Patenten (2017)	1,3%
Patente CNIPA (2015)	1.118
Publikationen Scopus	117,4
Publikationen pro 1 Mio. Einwohner	86,8
Anteil an weltweiten Publikationen	0,5%
Durchschn. Zittrate Crown (2016)	0,8
Exzellenzrate (10%, 2016)	7,0%
WEF Index (2016) 4.0	61,4 (68)
Global Innovation Index (0-100)	36,58 (52)

### Spezialisierungsindex bei Publikationen



Anteil Bildungsausgaben am BIP (2013) ‡	3,84% ▼ # 13
Anteil Bildungsausgaben (nur tertiär) (2013) ‡	1,10% ▼ # 8
Anteil Hochschulabsolventen an Gesamtbevölkerung (2018) ‡	0,63% ▼ # 14
Anteil Promovierte an Gesamtbevölkerung (2018) ‡	0,002% ▲ # 15
Forschende pro Mio. Einwohner (2015) ‡	216 ▲ # 15
Anteil der Forscherinnen (2015) ‡	13,9% ▼ # 8
Forschungsförderung, in % BIP: GovERD   HERD	n.v.
Ausländische Studierende im Inland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Zielländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	47.609 MY, US, CA, TH, VN
Inländische Studierende im Ausland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Herkunftsländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	332.488 US, AU, CA, DE, NZ
Wissenschaftlermobilität (2006–16) § Top-3 APRA-Herkunftsländer   Zielländer Anteil APRA   Benchmark   Andere	63.195 #8 ◀ US, UK, DE   ▶ US, UK, DE 
Hochschulpartnerschaften: durchschnittliche Anzahl pro Hochschule (2018) Δ Anteil APRA   Benchmark   Andere	79 
Durchschnittlicher Rang Top-3 Hochschulen (2020) ‡	▲ 317,7 (THE)   ▼ 172,7 (QS)

Indien gehört mit einem pro-Kopf-Einkommen von 2.700 USD zu den Entwicklungsländern. Es ist mit einer FuE-Intensität von 0,6% des BIP nicht sonderlich auf Wissenschaft, Forschung und Technologie ausgerichtet. Auch ist der Anteil in den letzten Jahren eher gesunken als gestiegen. Die Anzahl der Patentanmeldungen ist mit 3.827 ebenfalls niedrig. Eine negative Handelsbilanz insgesamt sowie bei Hochtechnologie-Gütern sind ebenfalls in der Statistik ablesbar. Die Anzahl der wissenschaftlichen Zeitschriftenveröf-

fentlichungen ist auf Grund der Landesgröße in absoluten Zahlen mit 117.433 im Jahr 2018 durchaus nennenswert. Allerdings liegen die zitat-basierten Indikatoren deutlich unterhalb des weltweiten Durchschnitts, was eine geringe Sichtbarkeit und auch eine geringe Qualität der Veröffentlichungen nahelegt. Die Schwerpunkte des wissenschaftlichen Profils finden sich in der Chemie und der Pharmazie. Als überdurchschnittlich kooperierender Partner dominieren die USA sowohl bei Patenten wie auch bei Publikationen.

\* HT = Hochtechnologie, definiert entsprechend Gehrke et al. 2013

+ Quelle: UN-COMTRADE; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

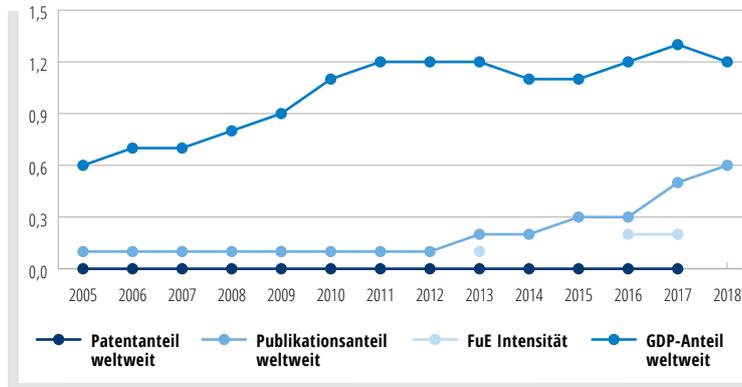
‡ Tendenzen (▲ - steigend bzw. ▼ - fallend bzw. — - unverändert) basieren auf dem Vergleich zum jeweiligen Vorjahr.

§ Die Anzahl der Wissenschaftlermobilitäten bezieht sich auf die Summe von Inbound- und Outbound-Mobilitäten.

Δ Daten basieren auf einer Abfrage von 15 ausgewählten Hochschulen im Land.

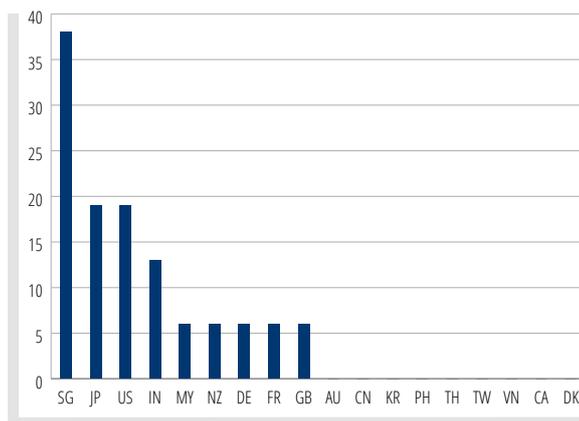
## Indonesien

LAND: Indonesien; BEVÖLKERUNG: 1386 Millionen; FLÄCHE: 9.597.000 km<sup>2</sup>

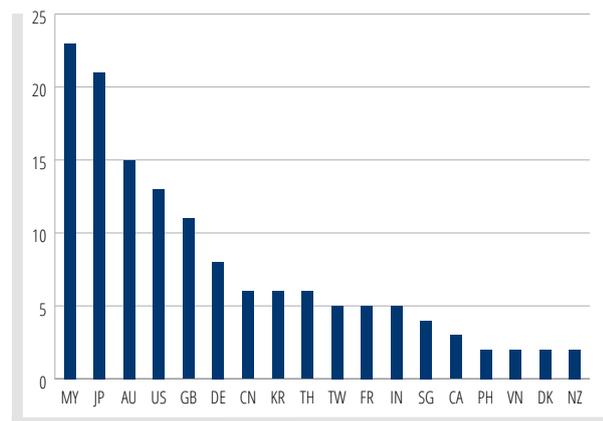


BIP	1.042 Mrd. \$
BIP pro Kopf	3.894 \$
Exporte +	169 Mrd. \$
Exporte HT* +	22 Mrd. \$
Exportquote +	16,6%
Handelsbilanz +	1,2%
Handelsbilanz HT* +	-1,8%
Exporte nach D. +	1,6%
Importe aus D. +	3,0%
Welthandelsanteil +	1,0%
Welthandelsanteil HT* +	0,4%

### Anteile der Partnerländer an den Ko-Patenten



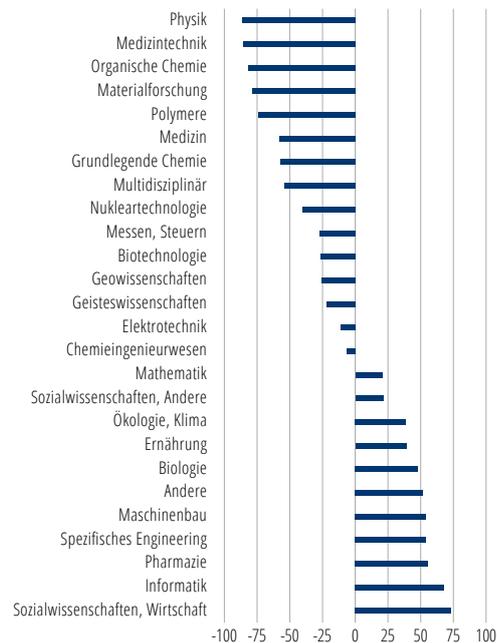
### Anteile der Partnerländer an den Ko-Publikationen



### Indikatoren des Innovationssystems

Beschäftigte (2018)	125,1 Mrd.
Arbeitslosenquote	4,4%
FuE-Intensität (2013)	0,1%
FuE-Ausgaben	—
Anzahl Forschende pro 1 Mio. Einwohner (2017)	215,7
Patente transnational (2017)	25
Patente pro 1 Mio. Einwohner (2017)	0
Anteil an weltweiten Patenten (2017)	0,0%
Patente CNIPA (2015)	17
Publikationen Scopus	12.986
Publikationen pro 1 Mio. Einwohner	48,5
Anteil an weltweiten Publikationen	0,6%
Durchschn. Zittrate Crown (2016)	0,6
Exzellenzrate (10%, 2016)	4,2%
WEF Index (2016) 4.0	64,6 (50)
Global Innovation Index (0-100)	29,72 (85)

### Spezialisierungsindex bei Publikationen



Anteil Bildungsausgaben am BIP (2015) ‡	3,58% ▲ # 15
Anteil Bildungsausgaben (nur tertiär) (2015) ‡	0,57% ▲ # 15
Anteil Hochschulabsolventen an Gesamtbevölkerung (2018) ‡	0,47% ▼ # 17
Anteil Promovierte an Gesamtbevölkerung (2018) ‡	0,002% ▲ # 16
Forschende pro Mio. Einwohner (2017) ‡	216 ▲ # 16
Anteil der Forscherinnen (2017) ‡	43,72% ▼ # 5
Forschungsförderung, in % BIP: GovERD   HERD	n.v.
Ausländische Studierende im Inland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Zielländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	7.770 MY, TH, IN, CN, KR
Inländische Studierende im Ausland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Herkunftsländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	47.886 AU, US, MY, UK, JP
Wissenschaftlermobilität (2006–16) § Top-3 APRA-Herkunftsländer   Zielländer Anteil APRA   Benchmark   Andere	keine signifikante Anzahl von Mobilitäten im Zeitraum
Hochschulpartnerschaften: durchschnittliche Anzahl pro Hochschule (2018) Δ Anteil APRA   Benchmark   Andere	82 
Durchschnittlicher Rang Top-3 Hochschulen (2020) ‡	▼ 867,7 (THE)   ▲ 315,7 (QS)

Indonesien ist mit einem pro-Kopf-Einkommen von 3.894 USD zu den Entwicklungsländern zu zählen. Mit einer FuE-Intensität von 0,1% des BIP und sehr niedrigen Anteilen bei Forschenden, den Patenten und den wissenschaftlichen Veröffentlichungen ist es nicht auf Wissenschaft, Forschung und Innovation ausgerichtet. Insgesamt erreicht es eine positive Handelsbilanz, jedoch in der Hochtechnologie ist diese negativ. Knapp 13.000 wissenschaftli-

che Veröffentlichungen bei einer Bevölkerungszahl von 264 Mio. sowie deutlich unter dem Weltdurchschnitt befindliche Zitatraten machen Indonesien als wissenschaftlichen Partner für Deutschland nicht sonderlich attraktiv. Die Schwerpunkte im wissenschaftlichen Profil liegen in den Sozialwissenschaften und der Informatik sowie einzelnen Bereichen der Ingenieur- und Naturwissenschaften.

\* HT = Hochtechnologie, definiert entsprechend Gehrke et al. 2013

+ Quelle: UN-COMTRADE; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

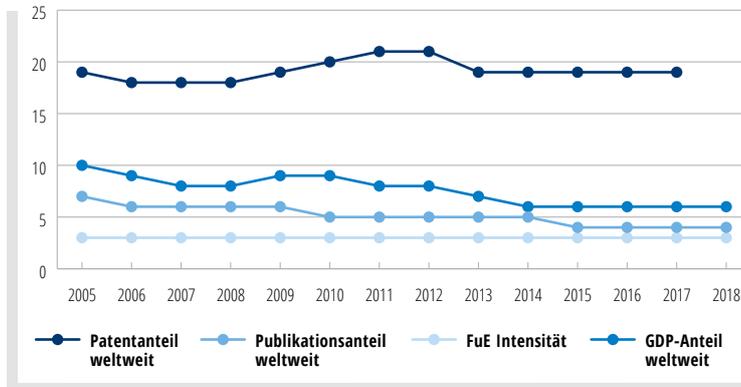
‡ Tendenzen (▲ - steigend bzw. ▼ - fallend bzw. — - unverändert) basieren auf dem Vergleich zum jeweiligen Vorjahr.

§ Die Anzahl der Wissenschaftlermobilitäten bezieht sich auf die Summe von Inbound- und Outbound-Mobilitäten.

Δ Daten basieren auf einer Abfrage von 15 ausgewählten Hochschulen im Land.

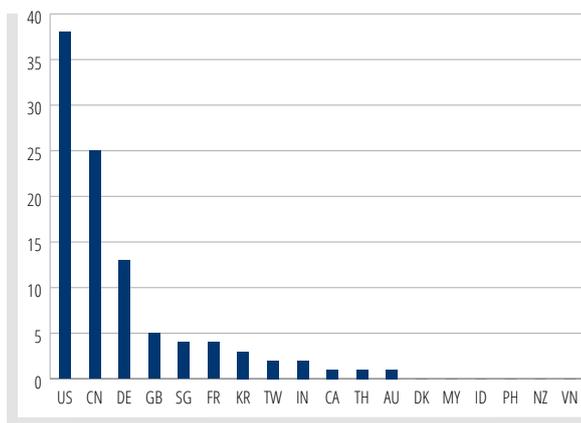
# Japan

LAND: Japan; BEVÖLKERUNG: 124,8 Millionen; FLÄCHE: 377.900 km<sup>2</sup>

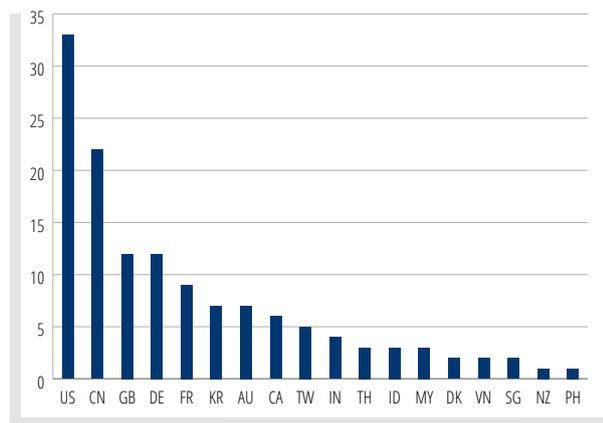


BIP	4.971 Mrd. \$
BIP pro Kopf	39.287 \$
Exporte +	698 Mrd. \$
Exporte HT* +	347 Mrd. \$
Exportquote +	14,4%
Handelsbilanz +	0,5%
Handelsbilanz HT* +	3,3%
Exporte nach D. +	2,7%
Importe aus D +	5,6%
Welthandelsanteil +	4,1%
Welthandelsanteil HT* +	6,0%

## Anteile der Partnerländer an den Ko-Patenten



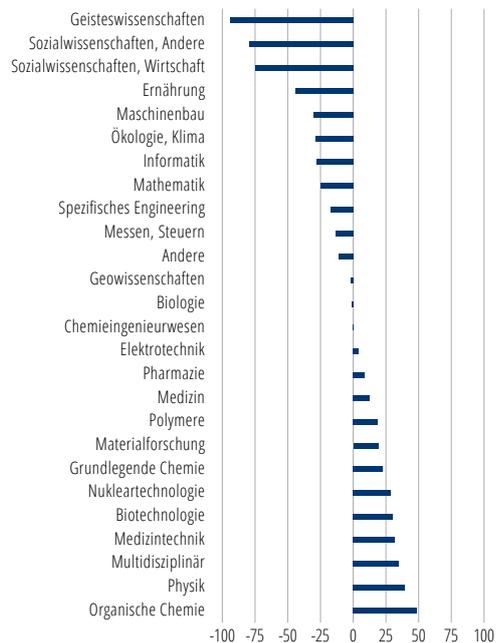
## Anteile der Partnerländer an den Ko-Publikationen



## Indikatoren des Innovationssystems

Beschäftigte (2018)	65,7 Mio.
Arbeitslosenquote (2018)	2,4%
FuE-Intensität (2016)	3,2%
FuE-Ausgaben (2017)	171,9 Mrd. \$
Anzahl Forschende pro 1 Mio. Einwohner (2017)	5.304,9
Patente transnational (2017)	54.732
Patente pro 1 Mio. Einwohner (2017)	432
Anteil an weltweiten Patenten (2017)	18,8%
Patente CNIPA (2015)	38.506
Publikationen Scopus	99.355
Publikationen pro 1 Mio. Einwohner	785,2
Anteil an weltweiten Publikationen	4,3%
Durchschn. Zittrate Crown (2016)	0,9
Exzellenzrate (10%, 2016)	8,2%
WEF Index (2016) 4.0	82,3 (6)
Global Innovation Index (0-100)	54,68 (15)

## Spezialisierungsindex bei Publikationen



Anteil Bildungsausgaben am BIP (2014) ‡	3,59% ▼ # 14
Anteil Bildungsausgaben (nur tertiär) (2016) ‡	0,63% ▼ # 14
Anteil Hochschulabsolventen an Gesamtbevölkerung (201) ‡	0,78% ▲ # 11
Anteil Promovierte an Gesamtbevölkerung (2017) ‡	0,012% ▼ # 10
Forschende pro Mio. Einwohner (2017) ‡	5.305 ▲ # 3
Anteil der Forscherinnen	n.v.
Forschungsförderung (2017) ✕, in % BIP: GovERD   HERD	0,25%   0,39%
Ausländische Studierende im Inland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Zielländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	164.519 CN, VN, KR, ID, TH
Inländische Studierende im Ausland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Herkunftsländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	31.882 US, UK, AU, DE, CA
Wissenschaftlermobilität (2006–16) § Top-3 APRA-Herkunftsländer   Zielländer Anteil APRA   Benchmark   Andere	57.774 # 9 ◀ US, CN, UK   ▶ US, CN, KR 
Hochschulpartnerschaften: durchschnittliche Anzahl pro Hochschule (2018) Δ Anteil APRA   Benchmark   Andere	368 
Durchschnittlicher Rang Top-3 Hochschulen (2020) ‡	▲ 117,3 (THE)   ▲ 37,6 (QS)

Japan gehört zum Kreis der industrialisierten und innovationsorientierten Volkswirtschaften. Es erreicht ein pro-Kopf-Einkommen von knapp 40.000 USD und einen Handelsbilanzüberschuss bei Hochtechnologie-Waren in Höhe von 3,3% des BIP. Deutschland hat mit Japan einen positiven Handelsbilanzsaldo.

Japan meldet auf der internationalen Ebene weltweit die zweitmeisten Patente an und kann damit seine internationalen Exportmärkte insbesondere in den Spitzentechnologien und den hochwertigen Technologien schützen. Die hohe FuE-Intensität von 3,2% des Landes ist eine Basis hierfür.

Die wissenschaftlichen Publikationen Japans haben sich in den letzten Jahren kaum erhöht, sodass die weltweiten Anteile deutlich zurückgegangen sind auf zuletzt 4,3%. Insgesamt ist Japan nicht sonderlich auf internationale Kooperationen ausgerichtet, wie sich beispielsweise am vergleichsweise niedrigen Anteil internationaler Ko-Publikationen zeigt. Der Anteil ist zwar angestiegen, erreichte aber in 2017 dennoch nur 30,4%. Die wichtigsten Partner für Japan sind die USA, China und Großbritannien. Die wissenschaftlichen Schwerpunkte liegen in den Lebenswissenschaften (Medizintechnik, Biotechnologie, Medizin, Pharmazie und Teilen der Chemie) sowie in der Materialforschung.

\* HT = Hochtechnologie, definiert entsprechend Gehrke et al. 2013

+ Quelle: UN-COMTRADE; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

‡ Tendenzen (▲ – steigend bzw. ▼ – fallend bzw. — – unverändert) basieren auf dem Vergleich zum jeweiligen Vorjahr.

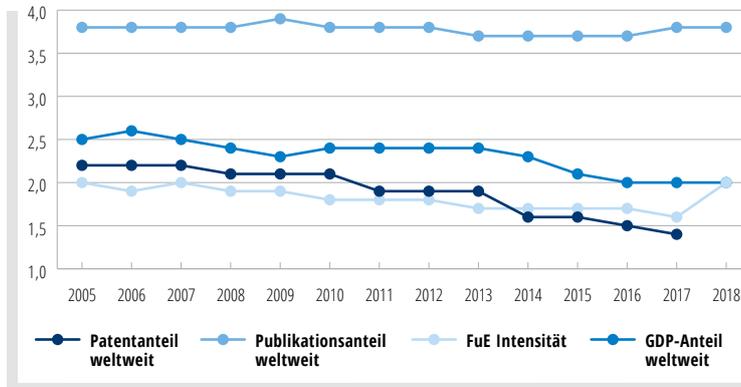
§ Die Anzahl der Wissenschaftlermobilitäten bezieht sich auf die Summe von Inbound- und Outbound-Mobilitäten.

Δ Daten basieren auf einer Abfrage von 15 ausgewählten Hochschulen im Land.

✕ Quelle: OECD-Datenbank

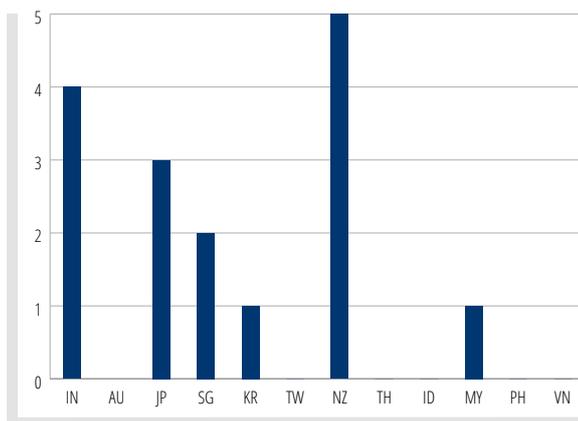
# Kanada

LAND: Kanada; BEVÖLKERUNG: 36,7 Millionen; FLÄCHE: 9.985.000 km²

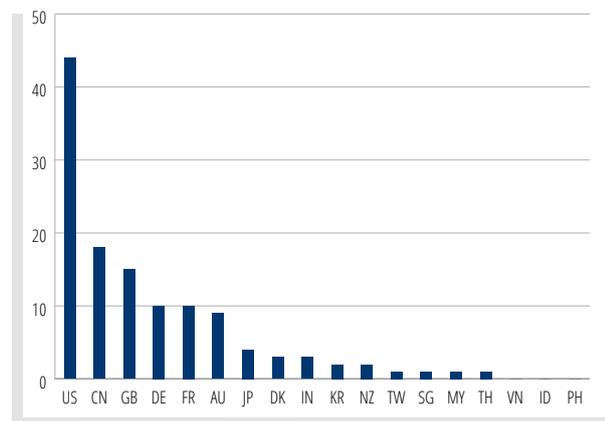


BIP	1.713 Mrd. \$
BIP pro Kopf	46.211 \$
Exporte (2016)	389 Mrd. \$
Exporte HT	—
Exportquote (2016)	23,5 %
Handelsbilanz (2016)	-13 Mrd. \$
Handelsbilanz HT	—
Exporte nach D.	—
Importe aus D	—
Welthandelsanteil (2016)	2,49 %
Welthandelsanteil HT	—

## Anteile der Partnerländer an den Ko-Patenten



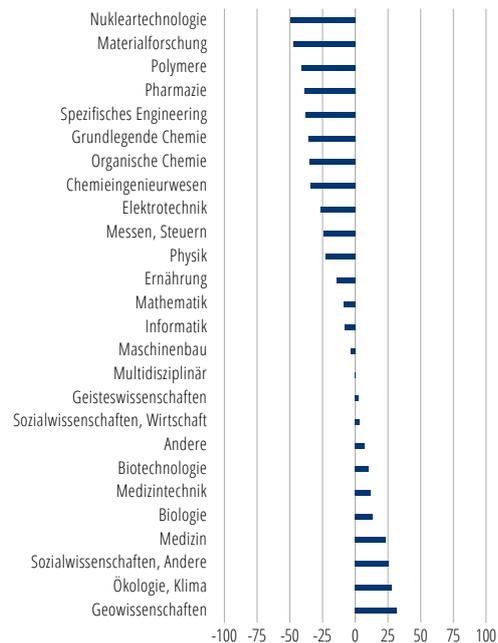
## Anteile der Partnerländer an den Ko-Publikationen



## Indikatoren des Innovationssystems

Beschäftigte (2018)	19,0 Mio.
Arbeitslosenquote (2018)	5,8%
FuE-Intensität (2016)	1,7%
FuE-Ausgaben (2016)	28 Mrd. \$
Anzahl Forschende pro 1 Mio. Einwohner (2016)	4274,7
Patente transnational (2017)	4.003
Patente pro 1 Mio. Einwohner (2017)	110
Anteil an weltweiten Patenten (2017)	1,4%
Patente CNIPA (2015)	3979
Publikationen Scopus	99.355
Publikationen pro 1 Mio. Einwohner	2.355,8
Anteil an weltweiten Publikationen	3,8%
Durchschn. Zittrate Crown (2016)	1,4
Exzellenzrate (10%, 2016)	14,7%
WEF Index (2016) 4.0	79,6 (14)
Global Innovation Index (0-100)	53,88 (17)

## Spezialisierungsindex bei Publikationen



Anteil Bildungsausgaben am BIP (2011) ‡	5,27% ▼ # 5
Anteil Bildungsausgaben (nur tertiär) (2016) ‡	1,62% ▼ # 1
Anteil Hochschulabsolventen an Gesamtbevölkerung (2016) ‡	1,16% ▼ # 7
Anteil Promovierte an Gesamtbevölkerung (2016) ‡	0,021% ▲ # 7
Forschende pro Mio. Einwohner (2016) ‡	4.275 ▼ # 8
Anteil der Forscherinnen	n.v.
Forschungsförderung (2017) ✖, in % BIP: GovERD   HERD	0,11%   0,65%
Ausländische Studierende im Inland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Zielländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	206.549 CN, IN, FR, US, KR
Inländische Studierende im Ausland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Herkunftsländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	49.446 US, UK, AU, FR, DE
Wissenschaftlermobilität (2006–16) § Top-3 APRA-Herkunftsländer   Zielländer Anteil APRA   Benchmark   Andere	109.741 #6 ◀US, UK, FR   ▶US, US; FR 
Hochschulpartnerschaften: durchschnittliche Anzahl pro Hochschule (2018) Δ Anteil APRA   Benchmark   Andere	232 
Durchschnittlicher Rang Top-3 Hochschulen (2020) ‡	▲ 31,3 (THE)   ▼ 38,3 (QS)

Kanada gehört mit gut 46.000 USD BIP pro Kopf zu den entwickelten Ländern mit hohem Einkommen. Dabei sind es vor allem Rohstoffe und landwirtschaftliche Produkte, die Kanada der Welt anbietet, weniger ausgeprägt auch Hochtechnologie-Waren. Die FuE-Intensität des Landes ist mit 1,7% etwa auf dem Niveau des EU-Durchschnitts und liegt damit leicht unter dem OECD-Durchschnitt. Die Patentanzahl ist entsprechend eher als niedrig zu bezeichnen und konzentriert sich im Wesentlichen auf Lebenswissenschaften (Pharmazie, Biologie, Biotechnologie) sowie auch Medizintechnik. Kanada hat hingegen ein ausgeprägtes Wissenschaftssystem mit

Schwerpunkten in den Bereichen Geowissenschaften, Biologie und Ökologie/Klima sowie in den Sozialwissenschaften. Die Publikationen sind von hoher Sichtbarkeit und Qualität, wie die Exzellenzrate und die durchschnittliche Zittrate belegen. Die hohe internationale Sichtbarkeit, gerade auch in den Sozialwissenschaften, kommt auch auf Grund des Sprachvorteils zustande. Als wissenschaftlicher Partner spielt Kanada eine wichtige Rolle in der Region und pflegt einen intensiven Austausch unter anderem mit China und Japan.

\* HT = Hochtechnologie, definiert entsprechend Gehrke et al. 2013

+ Quelle: UN-COMTRADE; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

‡ Tendenzen (▲ – steigend bzw. ▼ – fallend bzw. — – unverändert) basieren auf dem Vergleich zum jeweiligen Vorjahr.

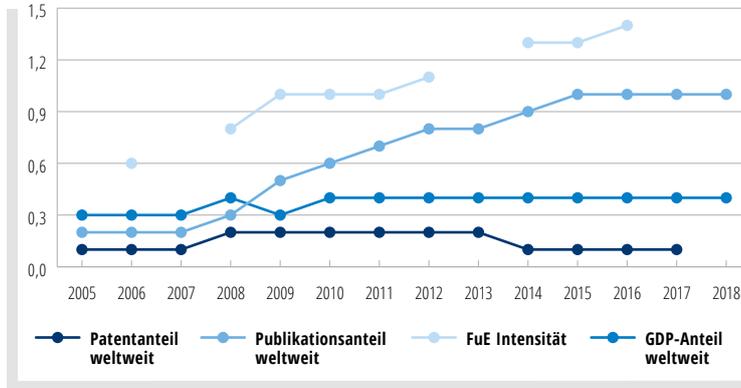
§ Die Anzahl der Wissenschaftlermobilitäten bezieht sich auf die Summe von Inbound- und Outbound-Mobilitäten.

Δ Daten basieren auf einer Abfrage von 15 ausgewählten Hochschulen im Land.

✖ Quelle: OECD-Datenbank

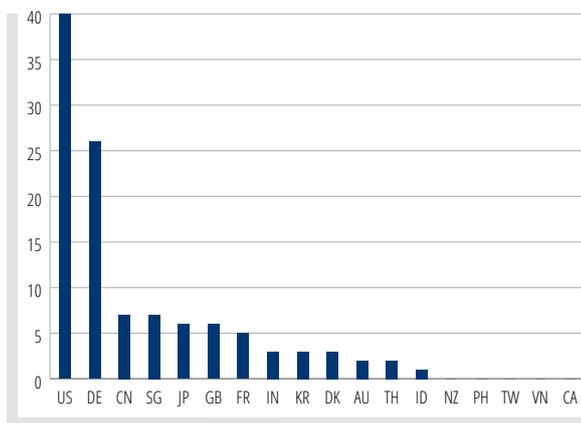
# Malaysia

LAND: Malaysia; BEVÖLKERUNG: 31,6 Millionen; FLÄCHE: 329.800 km<sup>2</sup>

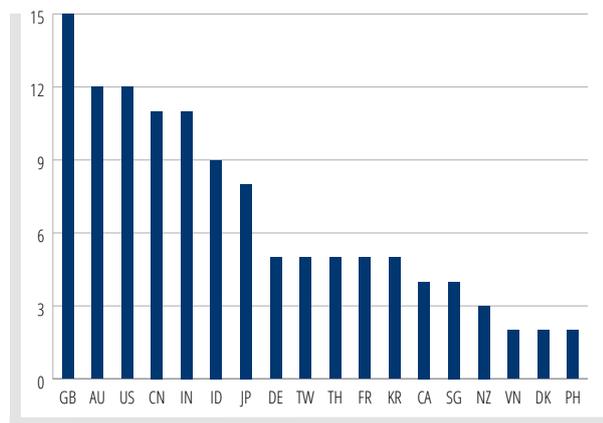


BIP	354 Mrd. \$
BIP pro Kopf	11.239 \$
Exporte +	218 Mrd. \$
Exporte HT* +	66 Mrd. \$
Exportquote +	69,2%
Handelsbilanz +	7,3%
Handelsbilanz HT* +	1,7%
Exporte nach D. +	2,9%
Importe aus D. +	4,2%
Welthandelsanteil +	1,3%
Welthandelsanteil HT* +	1,1%

## Anteile der Partnerländer an den Ko-Patenten



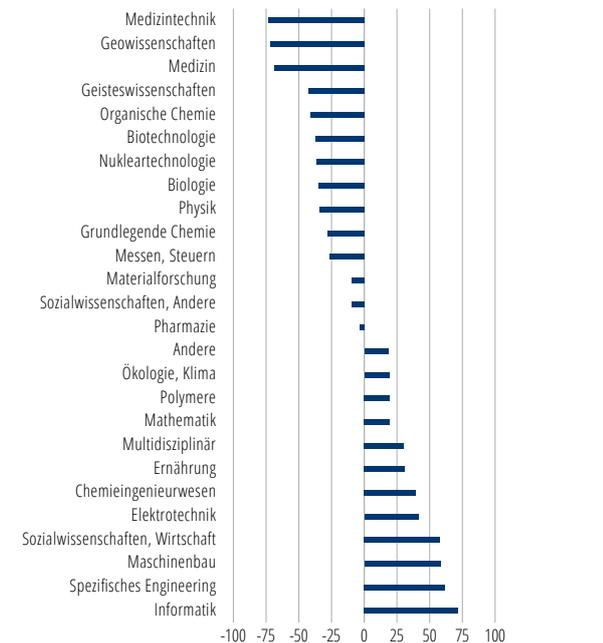
## Anteile der Partnerländer an den Ko-Publikationen



## Indikatoren des Innovationssystems

Beschäftigte (2018)	15,2 Mio.
Arbeitslosenquote (2018)	3,3%
FuE-Intensität (2016)	—
FuE-Ausgaben (2016)	—
Anzahl Forschende pro 1 Mio. Einwohner (2017)	7.514,4
Patente transnational (2017)	320
Patente pro 1 Mio. Einwohner (2017)	10
Anteil an weltweiten Patenten (2017)	0,1%
Patente CNIPA (2015)	356
Publikationen Scopus	23.302
Publikationen pro 1 Mio. Einwohner	739
Anteil an weltweiten Publikationen	1,0%
Durchschn. Zittrate Crown (2016)	0,8
Exzellenzrate (10%, 2016)	8,7%
WEF Index (2016) 4.0	74,6 (27)
Global Innovation Index (0-100)	42,68 (35)

## Spezialisierungsindex bei Publikationen



Anteil Bildungsausgaben am BIP (2017) ‡	4,74% ▼ # 9
Anteil Bildungsausgaben (nur tertiär) (2017) ‡	1,00% ▼ # 9
Anteil Hochschulabsolventen an Gesamtbevölkerung (2018) ‡	1,09% ▼ # 9
Anteil Promovierte an Gesamtbevölkerung (2018) ‡	0,013% ▲ # 9
Forschende pro Mio. Einwohner (2016) ‡	2.358 ▲ # 11
Anteil der Forscherinnen (2016) ‡	50,18% ▲ # 2
Forschungsförderung, in % BIP: GovERD   HERD	n.v.
Ausländische Studierende im Inland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Zielländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	102.531 CN, ID, IN, KR, TH
Inländische Studierende im Ausland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Herkunftsländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	60.280 UK, AU, US, JP, NZ
Wissenschaftlermobilität (2006–16) § Top-3 APRA-Herkunftsländer   Zielländer Anteil APRA   Benchmark   Andere	2.601 #16 ◀UK   ▶UK 
Hochschulpartnerschaften: durchschnittliche Anzahl pro Hochschule (2018) Δ Anteil APRA   Benchmark   Andere	136 
Durchschnittlicher Rang Top-3 Hochschulen (2020) ‡	— 467,7 (THE)   ▲ 129,7 (QS)

Malaysia lässt sich zu den Ländern mit mittlerem pro-Kopf-Einkommen rechnen (wenngleich an der unteren Schwelle). Es hat insgesamt eine positive Handelsbilanz und auch bei Hochtechnologie-Waren ist die Bilanz positiv. Es importiert Waren in höherem Wert aus Deutschland als es nach hier exportiert.

Die FuE-Intensität in Malaysia ist in den letzten Jahren angestiegen und erreichte in 2015 ein Niveau von 1,3% des BIP. Die Patente auf der transnationalen Ebene haben bis 2010 ebenfalls zugenommen, stagnieren seitdem mehr oder weniger, und bleiben mit absolut 320 Anmeldungen auf bescheidenem Niveau. Am chinesischen Patentamt werden nur wenige Patente mehr angemeldet und die Zahl der Patentfamilien ist mit gut 1.300 Anmeldungen ebenfalls nicht sehr hoch. Die Zahl hat sich auch kaum verändert. Malaysia ist derzeit technologisch somit nicht sehr wettbewerbsfähig.

Bezogen auf die wissenschaftlichen Veröffentlichungen gehört Malaysia zu den Ländern mit der größten Dynamik. Von 2007 bis 2017 hat sich die Anzahl der Veröffentlichungen mehr als versechsfacht. Gut 23.000 Veröffentlichungen im Jahr 2017 bedeuten einen Anteil von 1,0% an den weltweiten Veröffentlichungen. Parallel zum massiven Aufwuchs ist es Malaysia aber nicht gelungen, auch seine Sichtbarkeit bzw. Qualität deutlich zu erhöhen. Die zitat-basierten Indikatoren bleiben unter dem Weltdurchschnitt. Schwerpunkte im malaysischen Wissenschaftsprofil bilden neben Lebensmittel-forschung und den speziellen Ingenieurwissenschaften in der jüngeren Vergangenheit auch die Informatik und die Elektrotechnik.

Bei internationalen Ko-Publikationen ist der Anteil eher niedrig, gemessen an der Größe des Landes, aber zuletzt angestiegen. Gut 43% wurden in internationaler Kooperation publiziert. Dabei richtet Malaysia allerdings immer stärker seine Aufmerksamkeit auf Länder außerhalb der asiatisch-pazifischen Region. Wichtigste Partner sind Großbritannien, Australien, USA sowie innerhalb des APRA China und Indien. Deutschland liegt mit einem Anteil von 5,5% an den internationalen Ko-Publikationen deutlich zurück. Die Anteile sind aber seit 2015 angestiegen.

\* HT = Hochtechnologie, definiert entsprechend Gehrke et al. 2013

+ Quelle: UN-COMTRADE; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

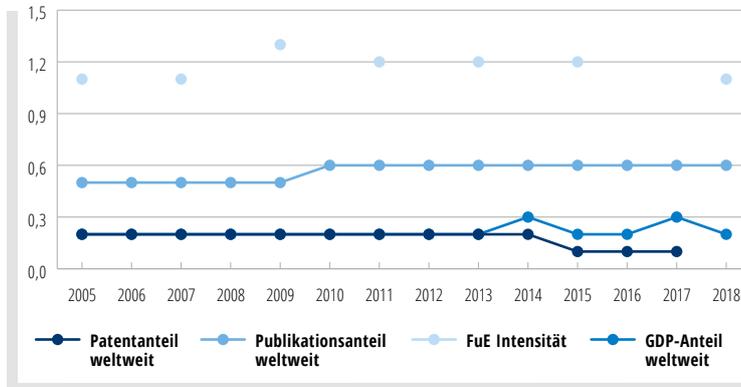
‡ Tendenzen (▲ - steigend bzw. ▼ - fallend bzw. — - unverändert) basieren auf dem Vergleich zum jeweiligen Vorjahr.

§ Die Anzahl der Wissenschaftlermobilitäten bezieht sich auf die Summe von Inbound- und Outbound-Mobilitäten.

Δ Daten basieren auf einer Abfrage von 15 ausgewählten Hochschulen im Land.

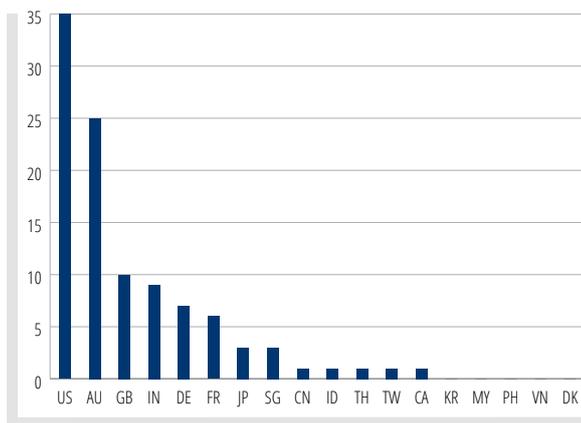
# Neuseeland

LAND: Neuseeland; BEVÖLKERUNG: 4,8 Millionen; FLÄCHE: 268.000 km²

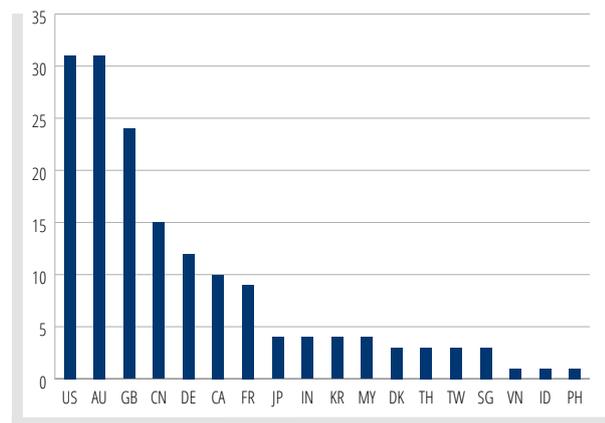


BIP	205 Mrd. \$
BIP pro Kopf	41.966 \$
Exporte +	38 Mrd. \$
Exporte HT* +	3 Mrd. \$
Exportquote +	18,8%
Handelsbilanz +	-1,0%
Handelsbilanz HT* +	-6,6%
Exporte nach D. +	1,3%
Importe aus D. +	5,0%
Welthandelsanteil +	0,2%
Welthandelsanteil HT* +	0,0%

## Anteile der Partnerländer an den Ko-Patenten



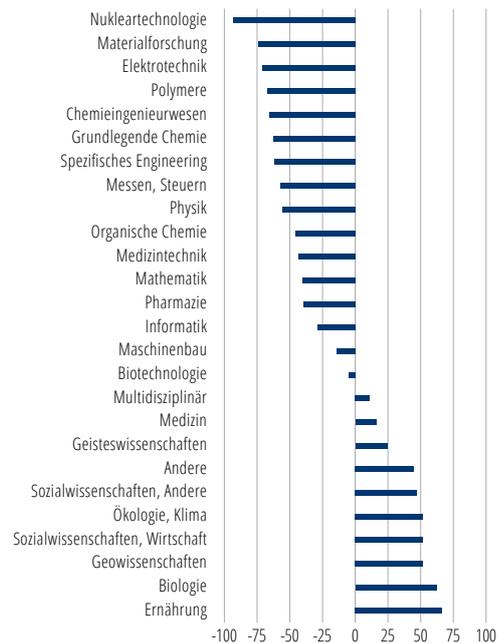
## Anteile der Partnerländer an den Ko-Publikationen

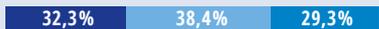


## Indikatoren des Innovationssystems

Beschäftigte (2018)	25,5 Mio.
Arbeitslosenquote (2018)	4,3%
FuE-Intensität (2015)	1,2%
FuE-Ausgaben (2015)	2.1 Mrd. \$
Anzahl Forschende pro 1 Mio. Einwohner (2015)	4.052,4
Patente transnational (2017)	336
Patente pro 1 Mio. Einwohner (2017)	70
Anteil an weltweiten Patenten (2017)	0,1%
Patente CNIPA (2015)	216
Publikationen Scopus	13.301
Publikationen pro 1 Mio. Einwohner	2.714,5
Anteil an weltweiten Publikationen	0,5%
Durchschn. Zittrate Crown (2016)	1,3
Exzellenzrate (10%, 2016)	12,9%
WEF Index (2016) 4.0	76,7 (19)
Global Innovation Index (0-100)	49,55 (25)

## Spezialisierungsindex bei Publikationen



Anteil Bildungsausgaben am BIP (2016) ‡	6,43% ▲ # 1
Anteil Bildungsausgaben (nur tertiär) (2016) ‡	1,53% ▼ # 2
Anteil Hochschulabsolventen an Gesamtbevölkerung (2017) ‡	1,61% ▼ # 1
Anteil Promovierte an Gesamtbevölkerung (2018) ‡	0,032% ▲ # 4
Forschende pro Mio. Einwohner (2015) ‡	4.052 ▲ # 10
Anteil der Forscherinnen	n.v.
Forschungsförderung (2017) ✖, in % BIP: GovERD   HERD	0,27%   0,34%
Ausländische Studierende im Inland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Zielländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	55.568 CN, IN, AU, US, MY
Inländische Studierende im Ausland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Herkunftsländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	4.179 US, AU, UK, DE, CA
Wissenschaftlermobilität (2006–16) § Top-3 APRA-Herkunftsländer   Zielländer Anteil APRA   Benchmark   Andere	12.256 #13 ◀US, UK, AU   ▶US, UK, AU 
Hochschulpartnerschaften: durchschnittliche Anzahl pro Hochschule (2018) Δ Anteil APRA   Benchmark   Andere	40 
Durchschnittlicher Rang Top-3 Hochschulen (2020) ‡	▲ 210,3 (THE)   ▲ 158,0 (QS)

Neuseeland gehört mit einem BIP pro Kopf von knapp 41.966 USD zum oberen Bereich der „middle-income“-Länder, verdankt dieses Niveau jedoch weniger Forschung, Entwicklung und Innovation als vielmehr Rohstoffen und Landwirtschaftsprodukten. Die FuE-Intensität ist recht konstant bei 1,2% auf vergleichsweise niedrigem Niveau und auch die Patentanmeldungen erreichen eine eher geringe Zahl.

Neuseeland kann seinen weltweiten Anteil an den wissenschaftlichen Publikationen nur leicht erhöhen auf 0,5%. In absoluten Zahlen sind 13.301 Beiträge im Jahr 2018, was eine Intensität (Veröffentlichungen pro 1 Mio. Einwohner) von 2.714,5 entspricht. Ähnlich hohe Werte erreichen lediglich Australien und Singapur. Auch

die Qualität und Sichtbarkeit ist überdurchschnittlich und konnte in den letzten Jahren sogar noch gesteigert werden. Thematische Schwerpunkte finden sich in den Geistes- und Sozialwissenschaften sowie bei Ökologie, Biologie, Ernährung. Die internationale Vernetzung, gemessen durch Ko-Publikationen, stieg im Zeitverlauf an und erreichte zuletzt ein Niveau von gut 55%. Neuseeland kooperiert international besonders intensiv in den Bereichen Geowissenschaften, Ökologie/Klima und Biologie. Die Ko-Publikationen mit Deutschland haben sich über die Zeit zwar deutlich erhöht, bleiben aber mit ca. 900 im Jahr 2017 absolut betrachtet eher gering auf einem ähnlichen Niveau wie mit China. Intensiv kooperiert Neuseeland hingegen mit Australien, USA und Großbritannien.

\* HT = Hochtechnologie, definiert entsprechend Gehrke et al. 2013

+ Quelle: UN-COMTRADE; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

‡ Tendenzen (▲ – steigend bzw. ▼ – fallend bzw. — – unverändert) basieren auf dem Vergleich zum jeweiligen Vorjahr.

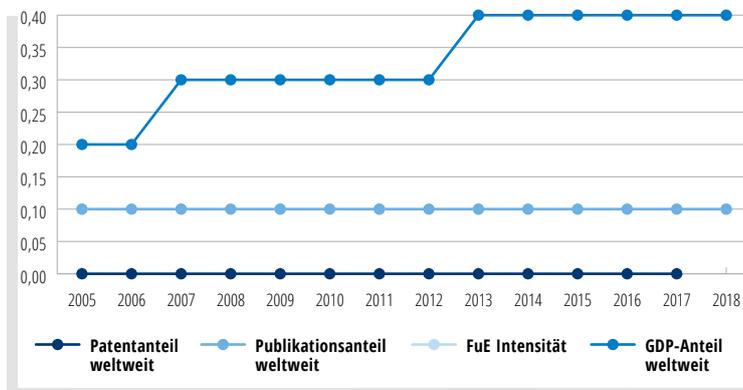
§ Die Anzahl der Wissenschaftlermobilitäten bezieht sich auf die Summe von Inbound- und Outbound-Mobilitäten.

Δ Daten basieren auf einer Abfrage von 15 ausgewählten Hochschulen im Land.

✖ Quelle: OECD-Datenbank

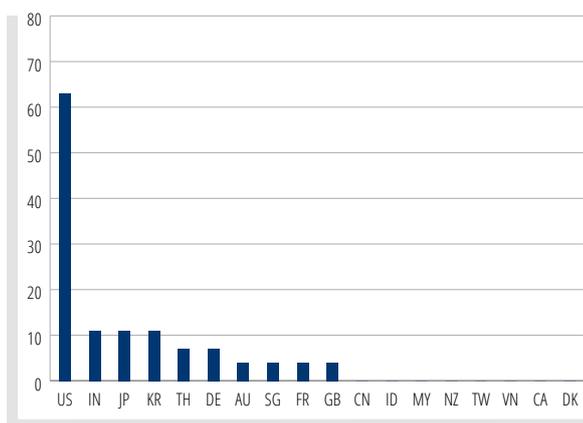
# Philippinen

LAND: Philippinen; BEVÖLKERUNG: 104,9 Millionen; FLÄCHE: 300.000 km<sup>2</sup>

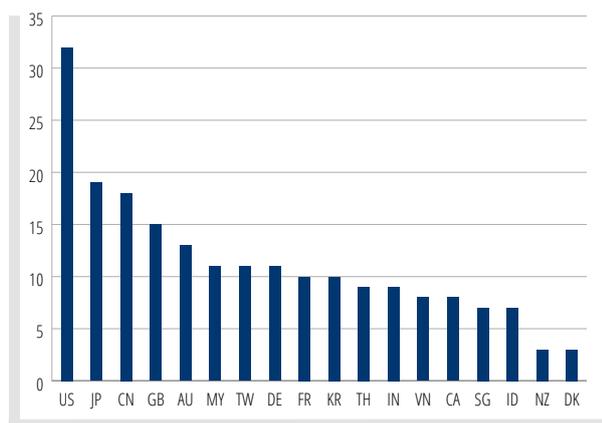


BIP	303 Mrd. \$
BIP pro Kopf	2.891 \$
Exporte +	69 Mrd. \$
Exporte HT* +	43 Mrd. \$
Exportquote +	21,9%
Handelsbilanz +	-10,6%
Handelsbilanz HT* +	-0,3%
Exporte nach D. +	3,9%
Importe aus D. +	3,1%
Welthandelsanteil +	0,4%
Welthandelsanteil HT* +	0,7%

## Anteile der Partnerländer an den Ko-Patenten



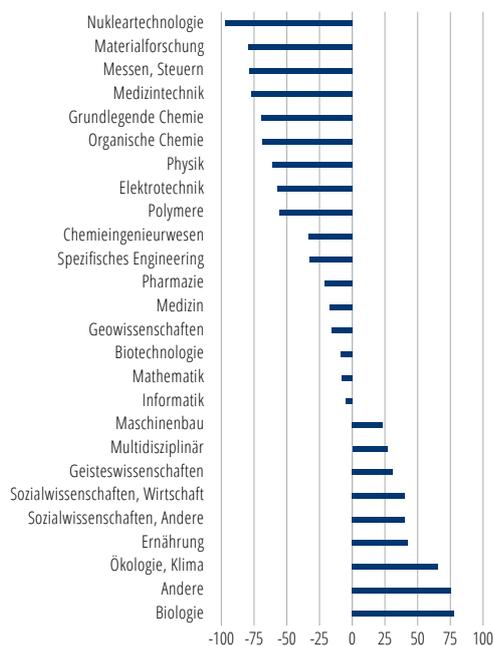
## Anteile der Partnerländer an den Ko-Publikationen



## Indikatoren des Innovationssystems

Beschäftigte (2018)	42,6 Mio.
Arbeitslosenquote (2018)	2,3%
FuE-Intensität (2013)	0,1%
FuE-Ausgaben	—
Anzahl Forschende pro 1 Mio. Einwohner (2013)	187,7
Patente transnational (2017)	50
Patente pro 1 Mio. Einwohner (2017)	0
Anteil an weltweiten Patenten (2017)	0,01%
Patente CNIPA (2015)	29
Publikationen Scopus	2.538
Publikationen pro 1 Mio. Einwohner	24,2
Anteil an weltweiten Publikationen	0,01%
Durchschn. Zittrate Crown (2016)	1,3
Exzellenzrate (10%, 2016)	9,8%
WEF Index (2016) 4.0	61,9 (64)
Global Innovation Index (0-100)	36,18 (54)

## Spezialisierungsindex bei Publikationen



Anteil Bildungsausgaben am BIP (2009) ‡	2,65% ▼ # 17
Anteil Bildungsausgaben (nur tertiär) (2009) ‡	0,32% ▲ # 17
Anteil Hochschulabsolventen an Gesamtbevölkerung (2017) ‡	0,61% ▲ # 15
Anteil Promovierte an Gesamtbevölkerung (2017) ‡	0,003% ▼ # 14
Forschende pro Mio. Einwohner (2013) ‡	188 ▲ # 17
Anteil der Forscherinnen (2013) ‡	48,0% ▼ # 3
Forschungsförderung, in % BIP: GovERD   HERD	n.v.
Ausländische Studierende im Inland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Zielländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	2.957 KR, CN, US, IN, UK
Inländische Studierende im Ausland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Herkunftsländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	17.351 AU, US, NZ, CA, JP
Wissenschaftlermobilität (2006–16) § Top-3 APRA-Herkunftsländer   Zielländer Anteil APRA   Benchmark   Andere	keine signifikante Anzahl von Mobilitäten im Zeitraum
Hochschulpartnerschaften: durchschnittliche Anzahl pro Hochschule (2018) Δ Anteil APRA   Benchmark   Andere	96 
Durchschnittlicher Rang Top-3 Hochschulen(2020) ‡ #	▼ 701,0 (THE)   ▼ 652,7 (QS)

Die Philippinen gehören zu den Entwicklungsländern. Mit einem pro-Kopf-Einkommen von knapp 2.900 USD und einer negativen Handelsbilanz sowie einer FuE-Quote von 0,1% erreichen die Philippinen nur geringe Werte bei diesen Indikatoren. Auch die Anzahl der Patente und der wissenschaftlichen Publikationen liegen deutlich hinter den Werten und Entwicklungen der Schwellenländer. Insgesamt ca. 2.500 Veröffentlichungen im Jahr 2018 in internationalen Zeitschriften führen zu einer Publikationsintensität von

lediglich 24,2 Veröffentlichungen je 1 Mio. Einwohner. Knapp 60% der Veröffentlichungen entstehen dabei in Kooperation mit internationalen Partnern, wobei hier neben den USA auch China und Japan aufscheinen. Ähnlich wie zahlreiche andere Entwicklungs- und Schwellenländer fokussiert das wissenschaftliche Profil der Philippinen auf grundlegende Themen im Kontext von Landwirtschaft und Ernährung.

\* HT = Hochtechnologie, definiert entsprechend Gehrke et al. 2013

+ Quelle: UN-COMTRADE; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

‡ Tendenzen (▲ – steigend bzw. ▼ – fallend bzw. — – unverändert) basieren auf dem Vergleich zum jeweiligen Vorjahr.

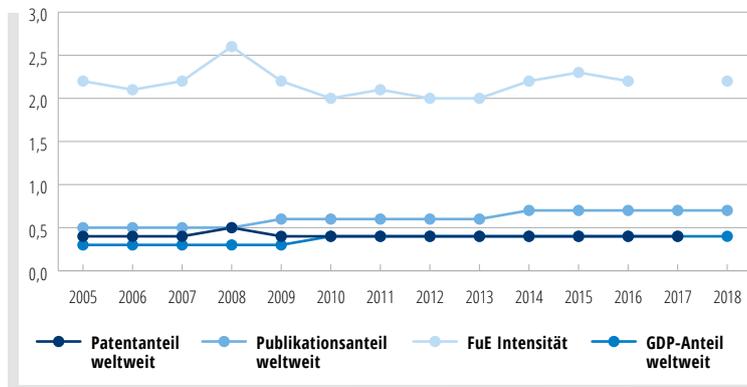
§ Die Anzahl der Wissenschaftlermobilitäten bezieht sich auf die Summe von Inbound- und Outbound-Mobilitäten.

Δ Daten basieren auf einer Abfrage von 15 ausgewählten Hochschulen im Land.

# Das THE-Ranking führt zwei, das QS-Ranking drei Hochschulen auf.

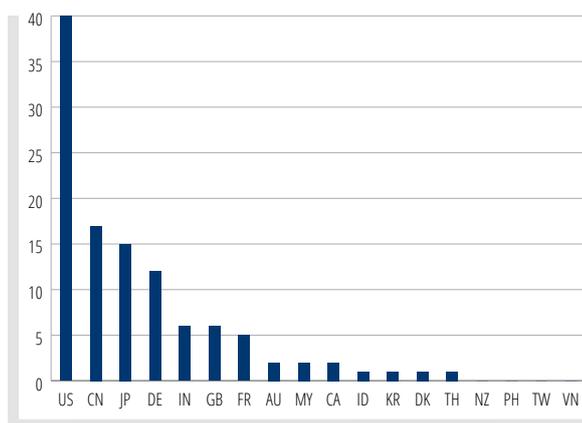
# Singapur

LAND: Singapur; BEVÖLKERUNG: 5,6 Millionen; FLÄCHE: 719,1 km<sup>2</sup>

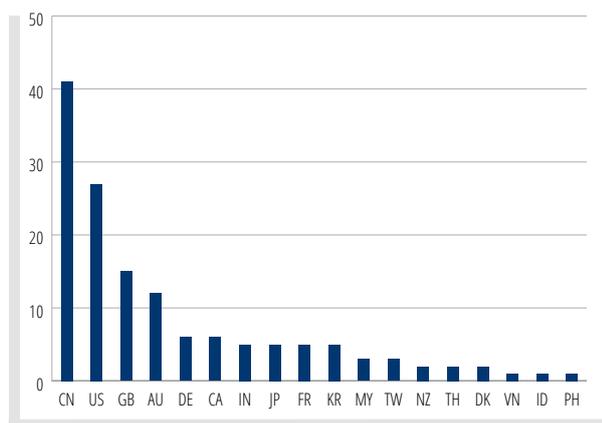


BIP	310 Mrd. \$
BIP pro Kopf	55.236 \$
Exporte +	373 Mrd. \$
Exporte HT* +	201 Mrd. \$
Exportquote +	110,3%
Handelsbilanz +	13,5%
Handelsbilanz HT* +	14,4%
Exporte nach D. +	1,7%
Importe aus D. +	3,6%
Welthandelsanteil +	2,2%
Welthandelsanteil HT* +	3,5%

## Anteile der Partnerländer an den Ko-Patenten



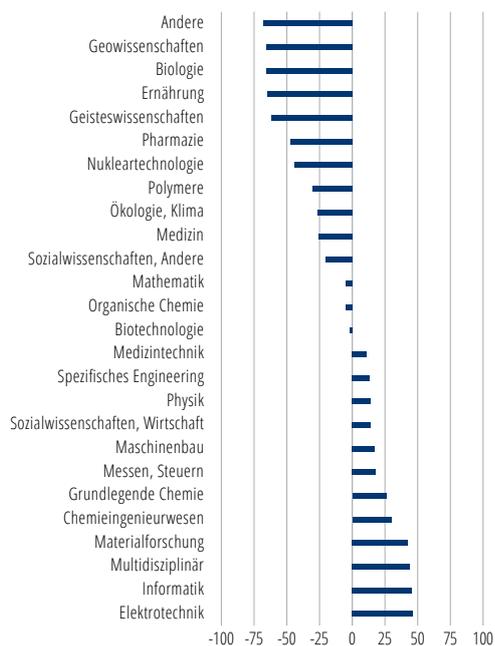
## Anteile der Partnerländer an den Ko-Publikationen



## Indikatoren des Innovationssystems

Beschäftigte (2018)	3,2 Mio.
Arbeitslosenquote (2016)	4,1%
FuE-Intensität (2015)	2,2%
FuE-Ausgaben (2015)	10,7 Mrd. \$
Anzahl Forschende pro 1 Mio. Einwohner (2014)	6.729,7
Patente transnational (2017)	1.192
Patente pro 1 Mio. Einwohner (2017)	212
Anteil an weltweiten Patenten (2017)	0,4%
Patente CNIPA (2015)	2.320
Publikationen Scopus	16.252
Publikationen pro 1 Mio. Einwohner	2.902,1
Anteil an weltweiten Publikationen	0,7%
Durchschn. Zittrate Crown (2016)	2,0
Exzellenzrate (10%, 2016)	21,9%
WEF Index (2016) 4.0	84,8 (1)
Global Innovation Index (0-100)	58,37 (8)

## Spezialisierungsindex bei Publikationen



Anteil Bildungsausgaben am BIP (2013) ‡	2,90% ▼ # 16
Anteil Bildungsausgaben (nur tertiär) (2017) ‡	0,84% ▼ # 12
Anteil Hochschulabsolventen an Gesamtbevölkerung (2017) ‡	1,16% ▲ # 6
Anteil Promovierte an Gesamtbevölkerung (2017) ‡	0,009% ▲ # 11
Forschende pro Mio. Einwohner (2014) ‡	6.730 ▲ # 2
Anteil der Forscherinnen	n.v.
Forschungsförderung (2017) ✖, in % BIP: GovERD   HERD	0,21%   0,57%
Ausländische Studierende im Inland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Zielländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	n.v.
Inländische Studierende im Ausland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Herkunftsländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	23.735 AU, UK, US, MY, CA
Wissenschaftlermobilität (2006–16) § Top-3 APRA-Herkunftsländer   Zielländer Anteil APRA   Benchmark   Andere	8.211 #14 ◀US, UK   ▶US, UK 
Hochschulpartnerschaften: durchschnittliche Anzahl pro Hochschule (2018) Δ Anteil APRA   Benchmark   Andere	38 
Durchschnittlicher Rang Top-3 Hochschulen (2020) ‡ #	▲ 36,5 (THE)   ▲ 166,3 (QS)

Singapur gehört zu den innovativsten Volkswirtschaften der Welt. Es erreicht ein BIP pro-Kopf von gut 55.000 USD, hat eine FuE-Quote 2,2% und eine Zahl von 6.700 Forschenden pro 1 Mio. Einwohner. Die Handelsbilanzen sind deutlich positiv. Die enorme Exportquote von 110% belegt, dass Singapur ein Umschlagsplatz für internationale Waren ist. Darüber hinaus zeigt es, dass die Exporte zu einem großen Teil auf Importen von Vorleistungsgütern beruhen, die in Singapur weiterverarbeitet und veredelt werden.

Patentanmeldungen auf der transnationalen Ebene zielen auf internationale Märkte ab und sind für Singapur insofern von Bedeutung. Es meldet gut 200 solcher Patente pro 1 Mio. Einwohner an. Allerdings ist Singapur deutlich auf den nordamerikanischen Markt ausgerichtet, weshalb es ausschließlich dort deutlich mehr seiner Patente anmeldet.

Auch wissenschaftlich gehört Singapur zu den weltweiten Spitzenreitern. Insgesamt gut 16.000 Veröffentlichungen in internationalen Zeitschriften, was zu einer Intensität (pro Kopf) von 2.902,1 und weltweiten Anteilen von 0,7% führt, werden hoch zitiert, was deren Sichtbarkeit und Qualität belegt. Schwerpunkte finden sich in der Elektrotechnik und der Informatik sowie in Materialforschung und Chemie. Singapurs Wissenschaftssystem ist international gut vernetzt. Zwei Drittel der Veröffentlichungen entstehen im Austausch mit internationalen Partnern, insbesondere aus China – hier spielt die Sprache sowie die kulturelle Nähe eine wesentliche Rolle – den USA, Großbritannien und Australien.

\* HT = Hochtechnologie, definiert entsprechend Gehrke et al. 2013

+ Quelle: UN-COMTRADE; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

‡ Tendenzen (▲ – steigend bzw. ▼ – fallend bzw. — – unverändert) basieren auf dem Vergleich zum jeweiligen Vorjahr.

§ Die Anzahl der Wissenschaftlermobilitäten bezieht sich auf die Summe von Inbound- und Outbound-Mobilitäten.

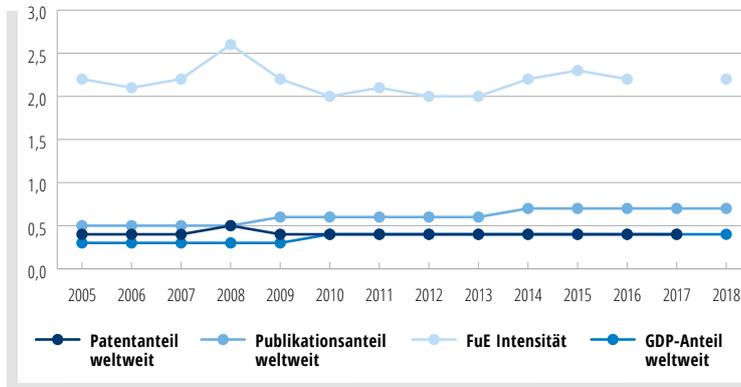
Δ Daten basieren auf einer Abfrage von 15 ausgewählten Hochschulen im Land.

✖ Quelle: OECD-Datenbank

# Das THE-Ranking führt zwei, das QS-Ranking drei Hochschulen auf. Letzteres wird stark vom Drittplatzierten beeinflusst (#11 und #11 vs. #477).

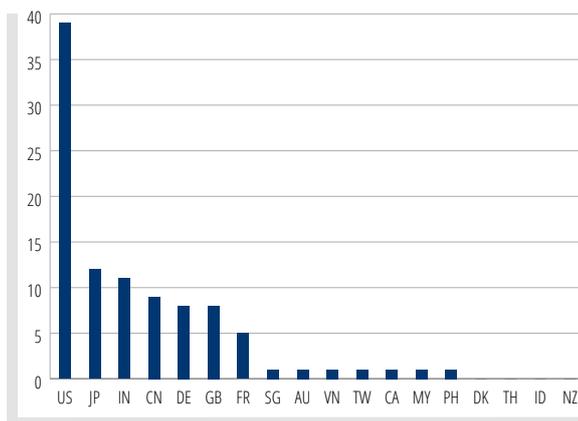
# Südkorea

LAND: Südkorea; BEVÖLKERUNG: 51,5 Millionen; FLÄCHE: 99.720 km<sup>2</sup>

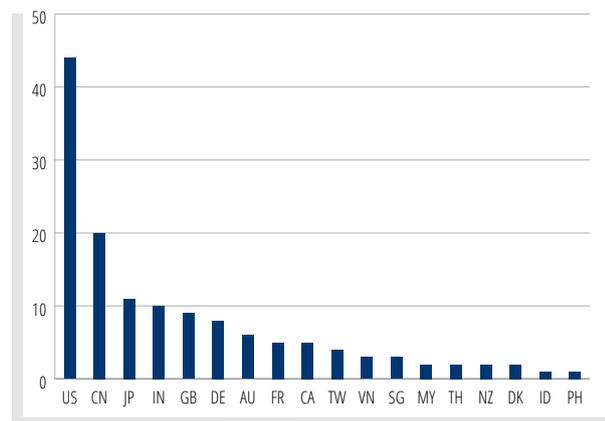


BIP	1.619 Mrd. \$
BIP pro Kopf	31.363 \$
Exporte +	574 Mrd. \$
Exporte HT* +	208 Mrd. \$
Exportquote +	37,5%
Handelsbilanz +	6,2%
Handelsbilanz HT* +	5,5%
Exporte nach D. +	1,5%
Importe aus D +	6,6%
Welthandelsanteil +	3,4%
Welthandelsanteil HT* +	3,6%

## Anteile der Partnerländer an den Ko-Patenten



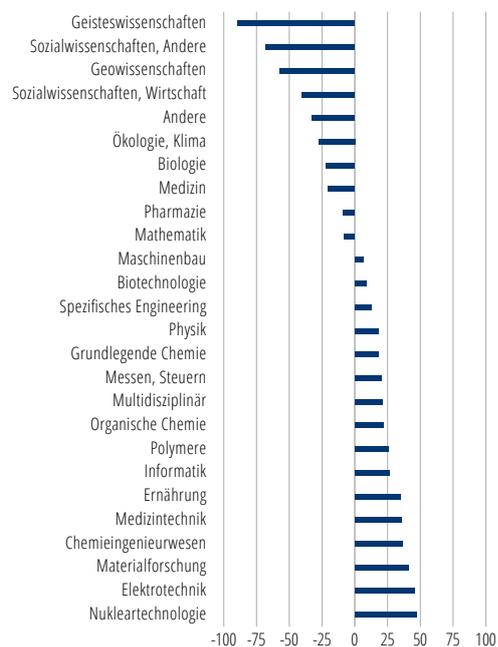
## Anteile der Partnerländer an den Ko-Publikationen

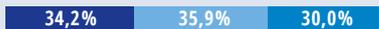


## Indikatoren des Innovationssystems

Beschäftigte (2018)	26,9 Mio.
Arbeitslosenquote (2018)	3,8%
FuE-Intensität (2016)	4,2%
FuE-Ausgaben (2017)	91 Mrd. \$
Anzahl Forschende pro 1 Mio. Einwohner (2017)	7.514,4
Patente transnational (2017)	17.864
Patente pro 1 Mio. Einwohner (2017)	347
Anteil an weltweiten Patenten (2017)	6,1%
Patente CNIPA (2015)	13.437
Publikationen Scopus	71.797
Publikationen pro 1 Mio. Einwohner	1.390,3
Anteil an weltweiten Publikationen	3,1%
Durchschn. Zittrate Crown (2015)	1,1
Exzellenzrate (10%, 2015)	10,1%
WEF Index (2016) 4.0	79,6 (13)
Global Innovation Index (0-100)	56,55 (11)

## Spezialisierungsindex bei Publikationen



Anteil Bildungsausgaben am BIP (2015) ‡	5,25% ▼ # 6
Anteil Bildungsausgaben (nur tertiär) (2016) ‡	0,94% ▼ # 10
Anteil Hochschulabsolventen an Gesamtbevölkerung (2017) ‡	1,23% ▼ # 3
Anteil Promovierte an Gesamtbevölkerung (2017) ‡	0,028% ▲ # 5
Forschende pro Mio. Einwohner (2017) ‡	7.514 ▲ # 1
Anteil der Forscherinnen (1998) ‡	6,5% — # 9
Forschungsförderung (2017) ⚡, in % BIP: GovERD   HERD	0,49%   0,39%
Ausländische Studierende im Inland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Zielländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	70.846 CN, VN, JP, US, ID
Inländische Studierende im Ausland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Herkunftsländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	105.718 US, JP, AU, CA, UK
Wissenschaftlermobilität (2006–16) § Top-3 APRA-Herkunftsländer   Zielländer Anteil APRA   Benchmark   Andere	33.333 # 10 ◀ US, JP, IN   ▶ US, CN, JP 
Hochschulpartnerschaften: durchschnittliche Anzahl pro Hochschule (2018) Δ Anteil APRA   Benchmark   Andere	362 
Durchschnittlicher Rang Top-3 Hochschulen (2020) ‡	▼ 87,7 (THE)   ▼ 53,7 (QS)

Südkorea gehört zwar zu den industrialisierten und forschungsintensivsten Ländern der Welt, erreicht jedoch nach wie vor lediglich ein BIP pro Kopf von 31.363 USD. Es hat eine hohe Exportquote und eine positive Handelsbilanz sowohl insgesamt wie auch bei Hochtechnologie-Gütern. Die FuE-Intensität ist mit 4,2% weltweit die höchste und es arbeiten knapp 8.000 Personen je 1 Mio. Einwohner in Forschung und Entwicklung.

Südkoreas Wirtschaft arbeitet sehr patentintensiv, was sich unter anderem mit den technologischen Schwerpunkten in den Bereichen Telekommunikation und Elektronik erklären lässt. 17.864 transnationale Patente sind eine beachtliche Zahl (347 Patente pro 1 Mio. Einwohner). Das Land hat aber eine deutliche Ausrichtung auf den nordamerikanischen Markt, sodass dort noch deutlich mehr Patente angemeldet werden.

Wissenschaftlich hat sich Südkorea in den letzten Jahren stärker um internationalen Anschluss bemüht und veröffentlicht mittlerweile 20.000 seiner 70.000 jährlichen Zeitschriftenbeiträge (dies sind 28,4%, was nur eine geringe Veränderung über die Zeit darstellt) gemeinsam mit internationalen Partnern. Ähnlich wie Japan ist die Kooperationsintensität für den wissenschaftlich-technologischen Entwicklungsstand jedoch als niedrig zu bewerten. Die wichtigsten Partner für Südkorea sind mit deutlichem Abstand (fast die Hälfte der internationalen Ko-Publikationen Südkoreas) die USA, gefolgt von China und Japan. Deutschland erreicht Anteile an den südkoreanischen Ko-Veröffentlichungen von 8% und liegt damit gleichauf mit Indien und Großbritannien. Die thematischen Schwerpunkte im Wissenschaftsprofil Südkoreas bilden die Medizintechnik, Elektrotechnik, Materialforschung und Informatik sowie verschiedene Bereiche der Chemie.

\* HT = Hochtechnologie, definiert entsprechend Gehrke et al. 2013

+ Quelle: UN-COMTRADE; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

‡ Tendenzen (▲ – steigend bzw. ▼ – fallend bzw. — – unverändert) basieren auf dem Vergleich zum jeweiligen Vorjahr.

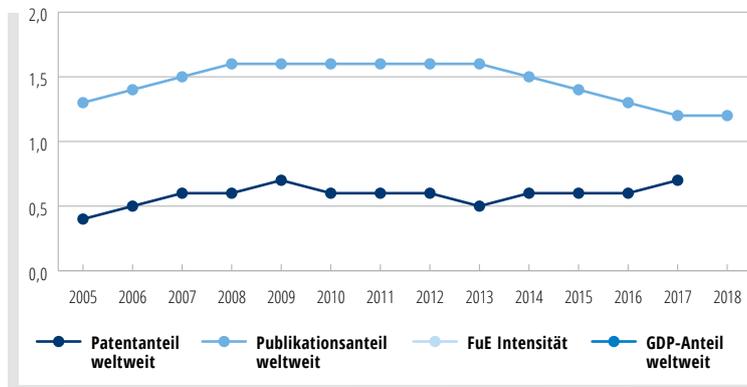
§ Die Anzahl der Wissenschaftlermobilitäten bezieht sich auf die Summe von Inbound- und Outbound-Mobilitäten.

Δ Daten basieren auf einer Abfrage von 15 ausgewählten Hochschulen im Land.

⚡ Quelle: OECD-Datenbank

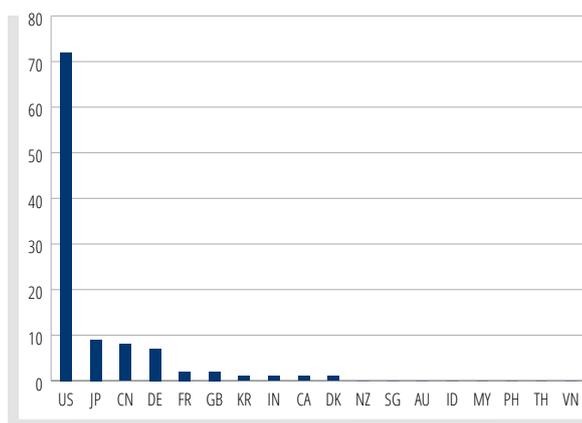
# Taiwan

LAND: Taiwan; BEVÖLKERUNG: 23,5 Millionen; FLÄCHE: 35.980 km²

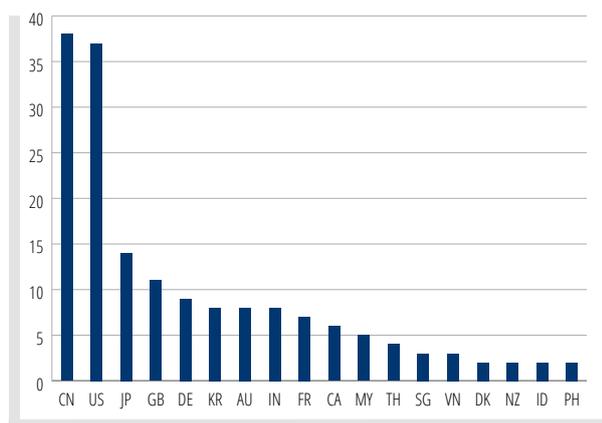


BIP (2017)	1185,5 Mrd. \$
BIP pro Kopf (2017)	50.314 \$
Exporte +	317.2 Mrd. \$
Exporte HT* +	n.v.
Exportquote +	n.v.
Handelsbilanz +	n.v.
Handelsbilanz HT* +	n.v.
Exporte nach D. +	n.v.
Importe aus D. +	n.v.
Welthandelsanteil +	n.v.
Welthandelsanteil HT* +	n.v.

## Anteile der Partnerländer an den Ko-Patenten



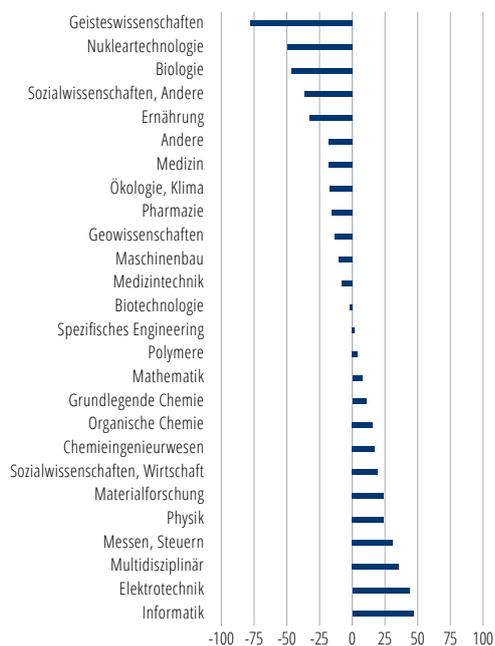
## Anteile der Partnerländer an den Ko-Publikationen



## Indikatoren des Innovationssystems

Beschäftigte (2018)	11,7 Mio.
Arbeitslosenquote (2018)	3,7%
FuE-Intensität (2015)	3,0%
FuE-Ausgaben (2016)	32.5 Mrd. \$
Anzahl Forschende pro 1 Mio. Einwohner (2016)	13.1104
Patente transnational (2017)	1.963
Patente pro 1 Mio. Einwohner (2017)	83
Anteil an weltweiten Patenten (2017)	0,7%
Patente CNIPA (2015)	11.722
Publikationen Scopus	27.248
Publikationen pro 1 Mio. Einwohner	1.159,5
Anteil an weltweiten Publikationen	1,2%
Durchschn. Zittrate Crown (2015)	1,1
Exzellenzrate (10%, 2015)	10,1%
WEF Index (2016) 4.0	80,2 (12)
Global Innovation Index (0-100)	—

## Spezialisierungsindex bei Publikationen



Anteil Bildungsausgaben am BIP (2018) ‡ ◊	4,98% ▲
Anteil Bildungsausgaben (nur tertiär) (2017) ‡ ◊	1,39% ▼
Anteil Hochschulabsolventen an Gesamtbevölkerung (2016) ‡ ◊	1,29% ▼
Anteil Promovierte an Gesamtbevölkerung	n.v.
Forschende pro Mio. Einwohner (2017) ‡ ◊	6.380 ▲
Anteil der Forscherinnen	n.v.
Forschungsförderung (2017) ✖, in % BIP: GovERD   HERD	0,40%   0,29%
Ausländische Studierende im Inland (2018 bzw. aktuellstes Jahr) ◊ Top-5 Zielländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	126.997 (davon 29.603 aus VR China) MY, VN, IND, JP, KR
Inländische Studierende im Ausland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) ◊ Top-5 Herkunftsländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	40.009 (ohne VR China) US, AU, JP, UK, CN
Wissenschaftlermobilität (2006–16) § Top-3 APRA-Herkunftsländer   Zielländer Anteil APRA   Benchmark   Andere	14.566 #12 ◀US, CN   ▶US, CN 
Hochschulpartnerschaften: durchschnittliche Anzahl pro Hochschule (2018) Δ Anteil APRA   Benchmark   Andere	272 
Durchschnittlicher Rang Top-3 Hochschulen (2020) ‡	▲ 274,0 (THE)   ▼ 155,7 (QS)

\* HT = Hochtechnologie, definiert entsprechend Gehrke et al. 2013

+ Quelle: UN-COMTRADE; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

‡ Tendenzen (▲ – steigend bzw. ▼ – fallend bzw. — – unverändert) basieren auf dem Vergleich zum jeweiligen Vorjahr.

§ Die Anzahl der Wissenschaftlermobilitäten bezieht sich auf die Summe von Inbound- und Outbound-Mobilitäten.

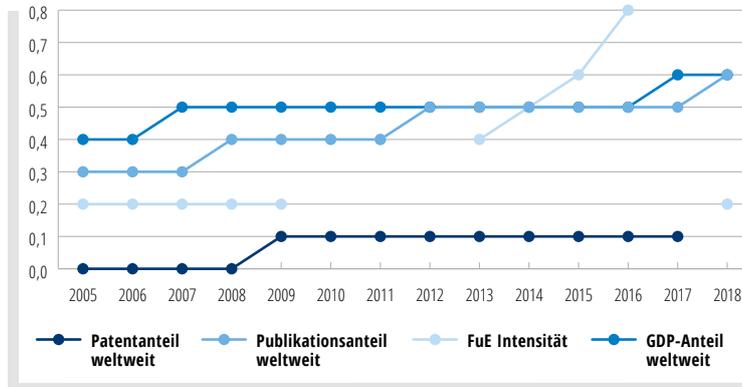
Δ Daten basieren auf einer Abfrage von 15 ausgewählten Hochschulen im Land.

✖ Quelle: OECD-Datenbank

◊ Quelle: National Statistics, Republic of China (Taiwan) / Taiwan Ministry of Education (mobile Studierende)

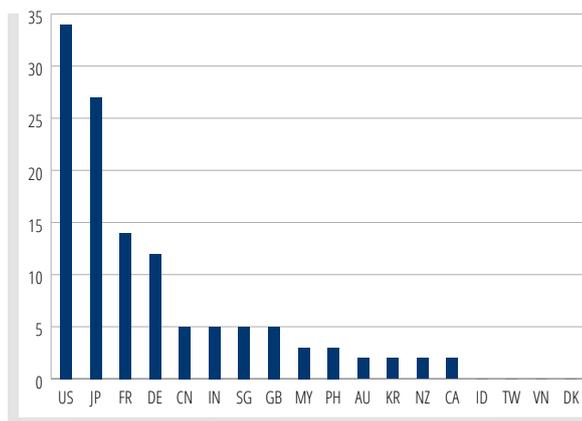
# Thailand

LAND: Thailand; BEVÖLKERUNG: 69,0 Millionen; FLÄCHE: 513.100 km<sup>2</sup>

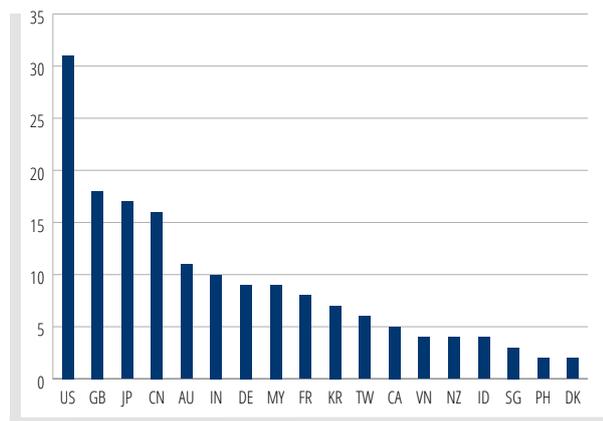


BIP	505 Mrd. \$
BIP pro Kopf	7.274 \$
Exporte + (2016)	214 Mrd. \$
Exporte HT* + (2016)	88 Mrd. \$
Exportquote + (2016)	51,8%
Handelsbilanz + (2016)	4,3%
Handelsbilanz HT* + (2016)	4,1%
Exporte nach D. + (2016)	2,1%
Importe aus D. + (2016)	3,5%
Welthandelsanteil + (2016)	1,4%
Welthandelsant. HT* + (2016)	1,4%

## Anteile der Partnerländer an den Ko-Patenten



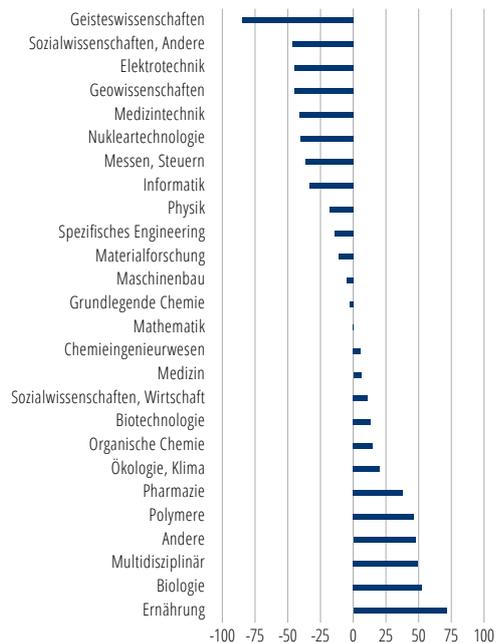
## Anteile der Partnerländer an den Ko-Publikationen



## Indikatoren des Innovationssystems

Beschäftigte (2018)	38,5 Mio.
Arbeitslosenquote (2016)	0,7%
FuE-Intensität (2015)	0,6%
FuE-Ausgaben	—
Anzahl Forschende pro 1 Mio. Einwohner (2016)	1.210,4
Patente transnational (2017)	174
Patente pro 1 Mio. Einwohner (2017)	3
Anteil an weltweiten Patenten (2017)	0,1%
Patente CNIPA (2015)	110
Publikationen Scopus	13.469
Publikationen pro 1 Mio. Einwohner	193,9
Anteil an weltweiten Publikationen	0,6%
Durchschn. Zittrate Crown (2016)	0,9
Exzellenzrate (10%, 2016)	8,4%
WEF Index (2016) 4.0	68,1 (40)
Global Innovation Index (0-100)	38,63 (43)

## Spezialisierungsindex bei Publikationen



Anteil Bildungsausgaben am BIP (2013) ‡	4,12% ▼ # 12
Anteil Bildungsausgaben (nur tertiär) (2013) ‡	0,64% ▼ # 13
Anteil Hochschulabsolventen an Gesamtbevölkerung (2016) ‡	0,66% ▲ # 13
Anteil Promovierte an Gesamtbevölkerung (2016) ‡	0,005% ▲ # 12
Forschende pro Mio. Einwohner (2016) ‡	1.210 ▲ # 16
Anteil der Forscherinnen (2016) ‡	55,01% ▼ # 1
Forschungsförderung (2017), in % BIP: GovERD   HERD	n.v.
Ausländische Studierende im Inland (2016 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Zielländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	16.239 CN, VN, KR, US, ID
Inländische Studierende im Ausland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Herkunftsländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	32.350 AU, US, UK, JP, ID
Wissenschaftlermobilität (2006–16) § Top-3 APRA-Herkunftsländer   Zielländer Anteil APRA   Benchmark   Andere	4.097 #15 ◀US, (JP)   ▶US, (JP) 
Hochschulpartnerschaften: durchschnittliche Anzahl pro Hochschule (2018) Δ Anteil APRA   Benchmark   Andere	177 
Durchschnittlicher Rang Top-3 Hochschulen (2020) ‡ #	▲ 667,7 (THE)   ▼ 454,0 (QS)

Thailand ist derzeit nicht auf Wissenschaft und Innovation ausgerichtet. Es erreicht ein pro-Kopf-Einkommen von gut 7.000 USD, was es zu einem Schwellenland macht. Es ist mit einer Exportquote von 51,8%, die auf Importen von Vorleistungsprodukten aufbauen, stark mit internationalen Märkten verknüpft. Zuletzt hatte Thailand dabei eine positive Handelsbilanz erreicht, auch bei Hochtechnologie-Gütern.

Die FuE-Intensität ist seit 2009 deutlich angestiegen, erreicht aber lediglich ein Niveau von 0,6%. Es finden sich nur wenig Patente mit Ursprung in Thailand, sodass der Anteil an den weltweiten Patenten lediglich bei 0,1% liegt.

Gegenüber 2007 konnte Thailand seine wissenschaftlichen Publikationen auf etwas mehr als 13.000 Beiträgen in 2018 mehr als verdoppeln. Der weltweite Anteil hier liegt bei 0,6%, also deutlich höher als bei Patenten. Die zitierbasierten Indikatoren der Sichtbarkeit und der Qualität des wissenschaftlichen Outputs bewegen sich leicht unterhalb des weltweiten Durchschnitts. Thematisch fokussiert Thailand auf die grundlegenden Herausforderungen rund um Landwirtschaft und Ernährung. Es hat Schwerpunkte in Ernährung, Biologie, Ökologie, aber auch Polymere und Pharmazie.

\* HT = Hochtechnologie, definiert entsprechend Gehrke et al. 2013

+ Quelle: UN-COMTRADE; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

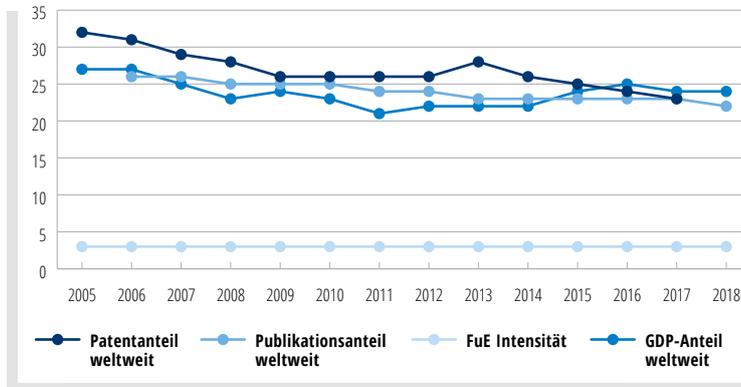
‡ Tendenzen (▲ - steigend bzw. ▼ - fallend bzw. — - unverändert) basieren auf dem Vergleich zum jeweiligen Vorjahr.

§ Die Anzahl der Wissenschaftlermobilitäten bezieht sich auf die Summe von Inbound- und Outbound-Mobilitäten.

Δ Daten basieren auf einer Abfrage von 15 ausgewählten Hochschulen im Land.

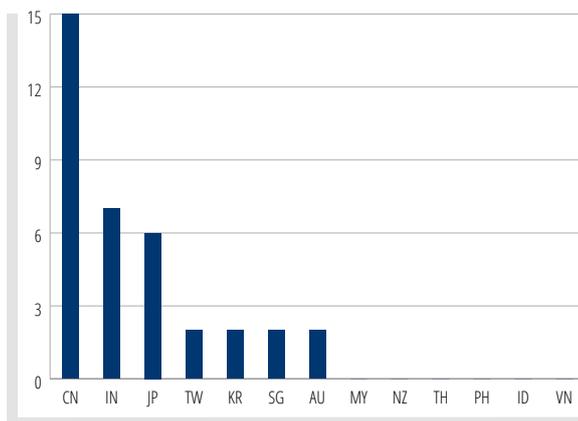
# USA

LAND: USA; BEVÖLKERUNG: 327,2 Millionen; FLÄCHE: 9.834.000 km<sup>2</sup>

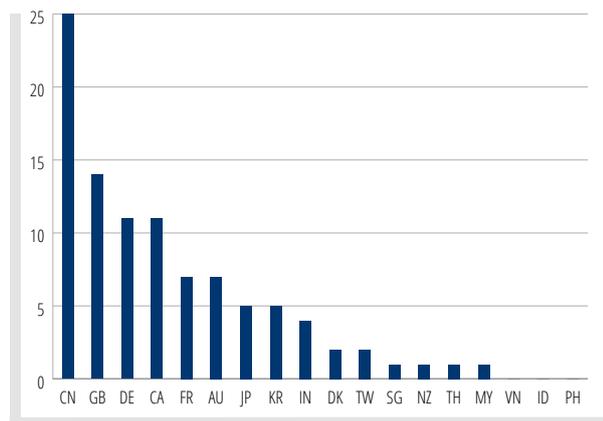


BIP	20.494 Mrd. \$
BIP pro Kopf	62.641 \$
Exporte (2016)	1.451 Mrd. \$
Exporte HT	—
Exportquote (2016)	11,0 %
Handelsbilanz (2016)	- 796 Mrd. \$
Handelsbilanz HT	—
Exporte nach D.	—
Importe aus D	—
Welthandelsanteil (2016)	9,28 %
Welthandelsanteil HT	—

## Anteile der Partnerländer an den Ko-Patenten



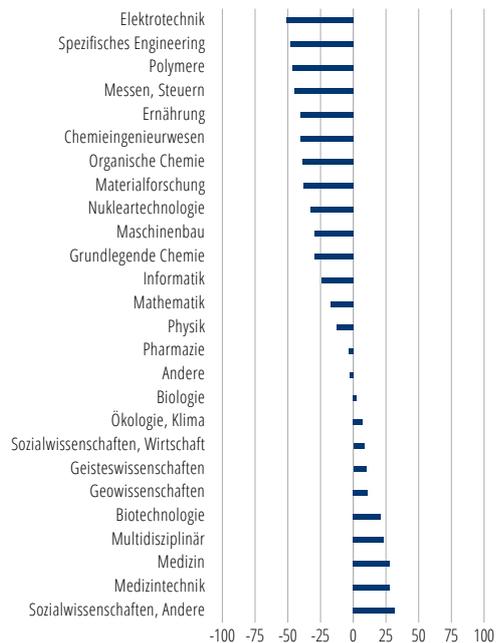
## Anteile der Partnerländer an den Ko-Publikationen



## Indikatoren des Innovationssystems

Beschäftigte (2018)	158,0 Mio.
Arbeitslosenquote (2018)	3,9%
FuE-Intensität (2016)	2,8%
FuE-Ausgaben (2017)	543.3 Mrd. \$
Anzahl Forschende pro 1 Mio. Einwohner (2016)	4.256,3
Patente transnational (2017)	66.400
Patente pro 1 Mio. Einwohner (2017)	204
Anteil an weltweiten Patenten (2017)	22,8%
Patente CNIPA (2015)	76.346
Publikationen Scopus	516.628
Publikationen pro 1 Mio. Einwohner	1.578,9
Anteil an weltweiten Publikationen	22,4%
Durchschn. Zittrate Crown (2016)	1,4
Exzellenzrate (10%, 2016)	15,2%
WEF Index (2016) 4.0	83,7 (2)
Global Innovation Index (0-100)	61,73 (3)

## Spezialisierungsindex bei Publikationen



Anteil Bildungsausgaben am BIP (2016) ‡	4.96% ▲ # 7
Anteil Bildungsausgaben (nur tertiär) (2016) ‡	1,21% ▼ # 7
Anteil Hochschulabsolventen an Gesamtbevölkerung (2016) ‡	1,21% ▲ # 4
Anteil Promovierte an Gesamtbevölkerung (2016) ‡	0,022% ▲ # 6
Forschende pro Mio. Einwohner	4.256 ▲ # 9
Anteil der Forscherinnen (2015) ‡	n.v.
Forschungsförderung (2017) §, in % BIP: GovERD   HERD	0,27%   0,36%
Ausländische Studierende im Inland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Zielländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	985.333 CN, IN, KR, CA, VN
Inländische Studierende im Ausland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Herkunftsländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	87.208 UK, CA, DE, FR, AU
Wissenschaftlermobilität (2006–16) § Top-3 APRA-Herkunftsländer   Zielländer Anteil APRA   Benchmark   Andere	605.302 #1 ◀ UK, CN, CA   ▶ UK, CN, CA 
Hochschulpartnerschaften: durchschnittliche Anzahl pro Hochschule (2018) Δ Anteil APRA   Benchmark   Andere	Keine belastbaren Daten vorhanden
Durchschnittlicher Rang Top-3 Hochschulen (2020) ‡	▼ 4,3 (THE)   — 2,0 (QS)

\* HT = Hochtechnologie, definiert entsprechend Gehrke et al. 2013

+ Quelle: UN-COMTRADE; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

‡ Tendenzen (▲ – steigend bzw. ▼ – fallend bzw. — – unverändert) basieren auf dem Vergleich zum jeweiligen Vorjahr.

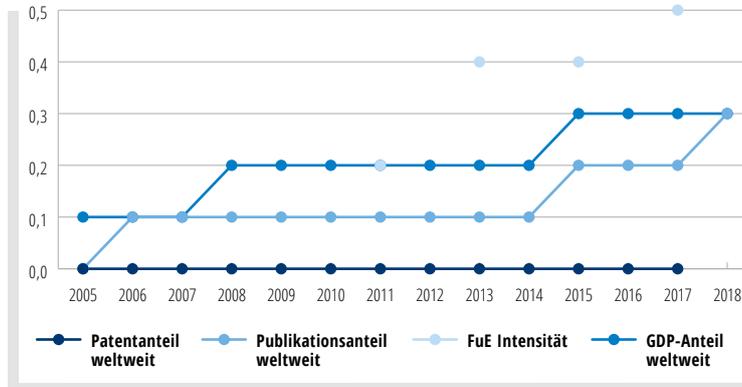
§ Die Anzahl der Wissenschaftlermobilitäten bezieht sich auf die Summe von Inbound- und Outbound-Mobilitäten.

Δ Keine belastbaren Daten vorhanden. (Ein Einzelfall der Texas A&M University listet 605 Kooperationen und ein Verhältnis APRA / Benchmark / andere von 25,3% / 16,0% / 58,7%.

§ Quelle: OECD-Datenbank

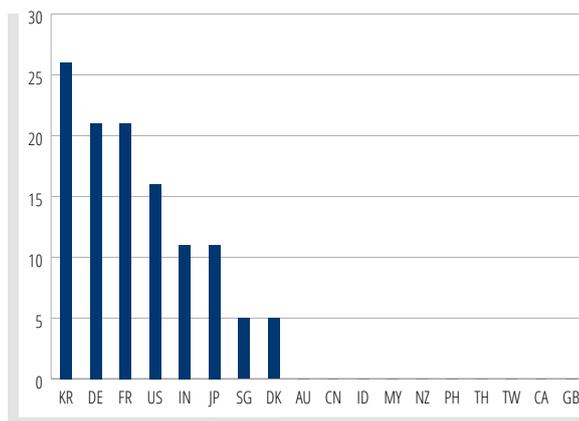
# Vietnam

LAND: Vietnam; BEVÖLKERUNG: 95 Millionen; FLÄCHE: 331.200 km<sup>2</sup>

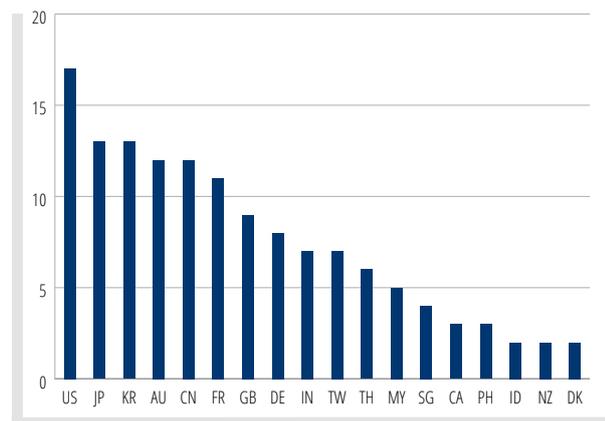


BIP	245 Mrd. \$
BIP pro Kopf	2.564 \$
Exporte + (2017)	215 Mrd. \$
Exporte HT* + (2017)	89 Mrd. \$
Exportquote + (2017)	96,1%
Handelsbilanz + (2017)	0,9%
Handelsbilanz HT* + (2017)	-1,2%
Exporte nach D. + (2017)	3,0%
Importe aus D. + (2017)	2,3%
Welthandelsanteil + (2017)	1,3%
Welthandelsant. HT* + (2017)	1,5%

## Anteile der Partnerländer an den Ko-Patenten



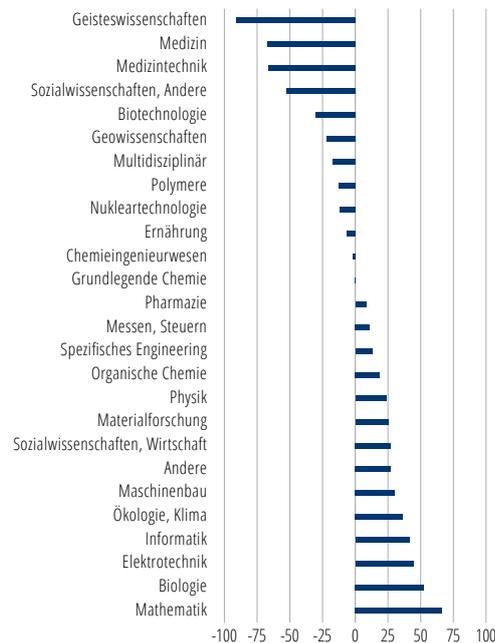
## Anteile der Partnerländer an den Ko-Publikationen



## Indikatoren des Innovationssystems

Beschäftigte (2018)	56,4 Mio.
Arbeitslosenquote (2018)	2,0%
FuE-Intensität	—
FuE-Ausgaben	—
Anzahl Forschende pro 1 Mio. Einwohner (2017)	700,8
Patente transnational (2017)	40
Patente pro 1 Mio. Einwohner (2017)	0
Anteil an weltweiten Patenten (2017)	0,0%
Patente CNIPA (2015)	21
Publikationen Scopus	6.349
Publikationen pro 1 Mio. Einwohner	66,5
Anteil an weltweiten Publikationen	0,3%
Durchschn. Zittrate Crown (2016)	1,2
Exzellenzrate (10%, 2016)	9,4%
WEF Index (2016) 4.0	61,5 (67)
Global Innovation Index (0-100)	38,84 (42)

## Spezialisierungsindex bei Publikationen



Anteil Bildungsausgaben am BIP (2016) ‡	4,34% ▼ # 10
Anteil Bildungsausgaben (nur tertiär) (2013) ‡	0,85% ▲ # 11
Anteil Hochschulabsolventen an Gesamtbevölkerung (2016) ‡	0,57% ▼ # 16
Anteil Promovierte an Gesamtbevölkerung (2016) ‡	0,002% ▲ # 17
Forschende pro Mio. Einwohner (2017) ‡	701 ▲ # 14
Anteil der Forscherinnen (2015) ‡	44,8% ▲ # 4
Forschungsförderung, in % BIP: GovERD   HERD	n.v.
Ausländische Studierende im Inland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Zielländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	4.197 KR, FR, CN, JP, ID
Inländische Studierende im Ausland (2017 bzw. aktuellstes Jahr) Top-5 Herkunftsländer (unter Berücksichtigung der Referenzländer)	94.700 JP, US, AU, KR, FR
Wissenschaftlermobilität (2006–16) § Top-3 APRA-Herkunftsländer   Zielländer Anteil APRA   Benchmark   Andere	keine signifikante Anzahl von Mobilitäten im Zeitraum
Hochschulpartnerschaften: durchschnittliche Anzahl pro Hochschule (2018) Δ Anteil APRA   Benchmark   Andere	379 10,7% 48,8% 40,5%
Durchschnittlicher Rang Top-3 Hochschulen (2020) ‡ #	▲ 867,7 (THE)   — 751,0 (QS)

Vietnam ist als Entwicklungsland einzustufen. Es erwirtschaftet ein BIP pro Kopf in Höhe von 2.564 USD. Es hat insgesamt eine positive, bei Hochtechnologie-Waren jedoch eine leicht negative Handelsbilanz. Es meldet so gut wie keine Patente an und veröffentlicht 66,48 Beiträge pro 1 Mio. Einwohner. In absoluten Zahlen entspricht dies gut 6.000 Beiträgen in 2018. Dies führt zu einem Anteil an den weltweiten Veröffentlichungen von 0,3%. Die weni-

gen Beiträge in internationalen Zeitschriften erreichen eine Sichtbarkeit und eine Qualität, die immerhin in der Nähe des Welt Durchschnitts liegen. Dreiviertel dieser Beiträge entsteht allerdings in Zusammenarbeit mit internationalen Partnern, meist aus den USA, Japan, Südkorea und Australien. Mathematik, Elektrotechnik und Informatik gehören dabei zu den Schwerpunkten im vietnamesischen Wissenschaftssystem.

\* HT = Hochtechnologie, definiert entsprechend Gehrke et al. 2013

+ Quelle: UN-COMTRADE; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

‡ Tendenzen (▲ – steigend bzw. ▼ – fallend bzw. — – unverändert) basieren auf dem Vergleich zum jeweiligen Vorjahr.

§ Die Anzahl der Wissenschaftlermobilitäten bezieht sich auf die Summe von Inbound- und Outbound-Mobilitäten.

Δ Daten basieren auf einer Abfrage von 15 ausgewählten Hochschulen im Land.

• Quelle: OECD-Datenbank

# Das QS-Ranking führt nur zwei Hochschulen auf.

# Impressum

## Herausgeber

---



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.  
DLR Projektträger  
Internationales Büro  
Heinrich-Konen-Str. 1  
53227 Bonn

## Beteiligte Institute:



## Autoren:

Henning Kroll, Marcus Conlé, Julia Hillmann,  
Peter Neuhäusler, Margot Schüller, Iris Wiczorek

unter wesentlicher Mitarbeit von:  
Oliver Rothengatter, Shiwei Shi, Joachim Betz

und unterstützenden Beiträgen von:  
Laura von Ungern-Sternberg Schwark

© Titelbild: © fenlio – stock.adobe.com

## Erscheinungsweise monatlich online unter:



ISBN-Nummer:  
978-3-942814-32-4





**Kooperation  
international**

BEAUFTRAGT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



DLR Projektträger



**Fraunhofer**  
ISI

**DAAD**

Deutscher Akademischer Austauschdienst  
German Academic Exchange Service

Herausgeber:

DLR Projektträger, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Leibniz-Institut für Globale und Regionale Studien (GIGA), Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD)

Dieser Bericht wurde im Auftrag des BMBF erstellt. Die Aufgabenstellung wurde vom BMBF vorgegeben. Das BMBF hat das Ergebnis dieses Berichts nicht beeinflusst; der Auftragnehmer trägt allein die Verantwortung.

Die als Grundlage für diese Publikation gesammelten und aufbereiteten Daten können Dritten (in Form von Excel-Tabellen) auf begründete Nachfrage und zur wissenschaftlichen Nutzung zur Verfügung gestellt werden. Wenn Sie Interesse an den Datensätzen haben, wenden Sie sich bitte unter folgender Email-Adresse an den DLR-Projektträger: [apra-pm@dlr.de](mailto:apra-pm@dlr.de).

APRA-Performance Monitoring mit Schwerpunkt China

2. Bericht (2020)

ISBN-Nummer:

978-3-942814-32-4