



Brüssel, den 14.10.2020
COM(2020) 953 final

**BERICHT DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT UND DEN
RAT**

über die Fortschritte bei der Wettbewerbsfähigkeit sauberer Energie

{SWD(2020) 953 final}

INHALT

1.	VORWORT	2
2.	ALLGEMEINE WETTBEWERBSFÄHIGKEIT DES BEREICHS SAUBERE ENERGIE IN DER EU.	5
	2.1 Trends im Bereich Energie und Ressourcen	5
	2.2. Anteil des EU-Energiesektors am BIP der EU	6
	2.3 Humankapital	7
	2.4 Trends in Forschung und Innovation.....	10
	2.5 Wirtschaftlicher Wiederaufbau nach der COVID-19-Krise.....	14
3.	FOKUS AUF SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN UND LÖSUNGEN FÜR SAUBERE ENERGIE	14
	3.1 Erneuerbare Offshore-Energiequellen – Windkraft	15
	3.2 Erneuerbare Offshore-Energien – Meeresenergie.....	18
	3.3 Photovoltaik (PV).....	21
	3.4 Erzeugung von erneuerbarem Wasserstoff durch Elektrolyse	23
	3.5 Batterien	27
	3.6 Intelligente Stromnetze.....	31
	3.7 Weitere Erkenntnisse zu anderen sauberen und kohlenstoffarmen Energietechnologien und -lösungen	36
	SCHLUSSFOLGERUNGEN	38

1. VORWORT

Ziel des europäischen Grünen Deals¹, Europas neuer Wachstumsstrategie, ist es, die Europäische Union (EU)² zu einer modernen, ressourceneffizienten und wettbewerbsfähigen Wirtschaft zu machen, die bis 2050 klimaneutral ist. Die Wirtschaft der EU muss nachhaltig werden und gleichzeitig muss der Übergang für alle gerecht und inklusiv gestaltet werden. Mit dem jüngsten Vorschlag der Kommission³, die Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 55 % zu senken, wird Europa auf diesen verantwortungsvollen Weg gebracht. Heute machen die Energieerzeugung und -nutzung mehr als 75 % der Treibhausgasemissionen der EU aus. Um die Klimaziele der EU zu erreichen, müssen wir unsere Politik für die Versorgung mit sauberer Energie in der gesamten Wirtschaft überdenken. Für das Energiesystem bedeutet dies eine starke Dekarbonisierung und ein integriertes Energiesystem, das weitgehend auf erneuerbaren Energien beruht. Bereits im Jahr 2030 dürfte sich die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen in der EU gegenüber dem heutigen Niveau von 32 % auf rund 65 % oder mehr⁴ verdoppeln, und bis 2050 werden mehr als 80 % der Elektrizität aus erneuerbaren Energiequellen stammen⁵.

Um diese Ziele bis 2030 und 2050 zu erreichen, muss das Energiesystem grundlegend umgestaltet werden. Dies hängt jedoch in hohem Maße von der Einführung neuer sauberer Technologien und von höheren Investitionen in die erforderlichen Lösungen und Infrastrukturen ab. Aber auch von Geschäftsmodellen, Kompetenzen und Verhaltensänderungen, um sie zu entwickeln und zu nutzen. Die Industrie steht im Mittelpunkt dieses sozialen und wirtschaftlichen Wandels. Die neue Industriestrategie für Europa⁶ verleiht der europäischen Industrie eine zentrale Rolle beim doppelten ökologischen und digitalen Wandel. Angesichts des großen Binnenmarkts der EU wird ein schnellerer Übergang dazu beitragen, die gesamte EU-Wirtschaft zu modernisieren und die Chancen für die weltweite Führungsrolle der EU im Bereich saubere Technologie zu erhöhen.

In diesem ersten jährlichen Fortschrittsbericht⁷ über die Wettbewerbsfähigkeit soll der Stand der Technologien im Bereich saubere Energie und die Wettbewerbsfähigkeit der EU-Industrie im Bereich saubere Energie bewertet werden, um festzustellen, ob ihre Entwicklung auf dem richtigen Weg ist, um den ökologischen Wandel und die langfristigen Klimaziele der EU zu verwirklichen. Wie in der Mitteilung „*Next Generation EU*“ dargelegt, ist diese Beurteilung der Wettbewerbsfähigkeit auch für den wirtschaftlichen Wiederaufbau in Folge der COVID-19-Pandemie besonders wichtig⁸. Eine bessere Wettbewerbsfähigkeit kann die kurz- und mittelfristigen wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen der Krise abfedern und gleichzeitig die längerfristigen Herausforderungen des ökologischen und digitalen Wandels sozial gerecht angehen. Sowohl vor dem Hintergrund der Krise als auch langfristig kann eine bessere Wettbewerbsfähigkeit die Probleme der Energiearmut in Angriff nehmen, indem die

¹ COM(2019) 640 final.

² In diesem Bericht verstehen wir unter EU die EU-27 (d. h. ohne das Vereinigte Königreich). Wenn das Vereinigte Königreich einbezogen wird, wird dies im Bericht als EU-28 gekennzeichnet.

³ COM(2020) 562 final.

⁴ COM(2020) 562 final.

⁵ COM(2018) 773 final.

⁶ COM(2020) 102 final.

⁷ Erstellt gemäß Artikel 35 Buchstabe m der Verordnung (EU) 2018/1999 (Governance-Verordnung).

⁸ COM(2020) 456 final.

Kosten der Energieerzeugung und die Kosten für Investitionen in Energieeffizienz gesenkt werden⁹.

Der Bedarf an Technologien im Bereich saubere Energie für die Erreichung der Ziele für 2030 und 2050 lässt sich auf der Grundlage der Folgenabschätzung ermitteln, auf die in den Szenarien des Klimaplan der Europäischen Kommission Bezug genommen wird.¹⁰ Im Einzelnen wird von der EU erwartet, dass sie in erneuerbare Elektrizität, in erster Linie Offshore-Energie (insbesondere Windenergie) und Solarenergie, investiert^{11,12}. Die starke Zunahme des Anteils variabler erneuerbarer Energien impliziert auch einen Anstieg der Speicherung¹³ und der Fähigkeit, Strom im Verkehr und in der Industrie zu nutzen, insbesondere in Form von Batterien und Wasserstoff, und erfordert umfangreiche Investitionen in intelligente Netztechnologien¹⁴. Daher konzentriert sich der vorliegende Bericht auf die sechs oben genannten Technologien¹⁵, von denen die meisten das Herzstück der EU-Leitinitiativen^{16,17} bilden und darauf abzielen, Reformen und Investitionen zu fördern, um einen robusten Wiederaufbau auf der Grundlage eines sowohl ökologischen als auch digitalen Wandels zu unterstützen. Die übrigen sauberen und kohlenstoffarmen Energietechnologien, die in den Szenarien enthalten sind, werden in der Arbeitsunterlage der Kommissionsdienststellen mit dem Titel „Clean Energy Transition – Technologies and Innovations Report“ (CETTIR) analysiert, die diesem Bericht beigelegt ist¹⁸.

Für die Zwecke dieses Berichts wird die Wettbewerbsfähigkeit im Bereich saubere Energie¹⁹ als die Fähigkeit definiert, erschwingliche, zuverlässige und verfügbare saubere

⁹ Siehe auch „Eine Renovierungswelle für Europa – umweltfreundlichere Gebäude, mehr Arbeitsplätze und bessere Lebensbedingungen“, COM(2020) 662 begleitet von SWD(2020) 550 und Empfehlung C(2020) 9600 zur Energiearmut.

¹⁰ Für den Zeithorizont 2050 weisen das Szenario 1.5 TECH der langfristigen Strategie der EU für 2050 (COM(2018) 773) und das Szenario des Klimazielplans (COM(2020) 562 final) keine signifikanten Unterschiede auf und werden daher in diesem Bericht beide erwähnt. Im CTP-MIX-Szenario werden die THG-Emissionen um etwa 55 % gesenkt, was sowohl eine Erhöhung der CO₂-Bepreisung als auch eine leichte Steigerung der Ambitionen der politischen Maßnahmen bedeutet.

¹¹ ASSET-Studie im Auftrag der GD ENERGIE – Energy Outlook Analysis (Entwurf, 2020) für LTS 1.5 Life and Tech, BNEF NEO, GP ER, IEA SDS, IRENA GET TES, JRC GECO 2C_M.

¹² Tsiropoulos I., Nijjs W., Tarvydas D., Ruiz Castello P., Towards net-zero emissions in the EU energy system by 2050 – Insights from scenarios in line with the 2030 and 2050 ambitions of the European Green Deal, JRC118592.

¹³ Study on energy storage - Contribution to the security of the electricity supply in Europe (2020):: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a6eba083-932e-11ea-aac4-01aa75ed71a1>

¹⁴ Zwischen 71 und 110 Mrd. EUR/Jahr an Investitionen in das Stromnetz zwischen 2031 und 2050 im Rahmen der verschiedenen Szenarien: „In-depth analysis in support of COM(2018) 773“, Tabelle 10, S. 202.

¹⁵ Erneuerbare Offshore-Energien (Wind und Meer), Photovoltaik, Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen, Batterien und Netztechnologien. Bei dieser Auswahl wird die Rolle etablierter erneuerbarer Energien, insbesondere Bioenergie und Wasserkraft, innerhalb des EU-Portfolios kohlenstoffarmer Energietechnologien nicht vernachlässigt. Diese werden im CETTIR behandelt und können in künftige Jahresberichte über die Fortschritte bei der Wettbewerbsfähigkeit aufgenommen werden.

¹⁶ Die EU-Leitinitiativen wurden in der jüngsten Jährlichen Strategie für nachhaltiges Wachstum 2021 (COM(2020) 575 final) – Abschnitt IV – vorgestellt.

¹⁷ Zu den jüngsten und künftigen Initiativen gehören die anstehende Offshore-Energiestrategie und die Wasserstoffstrategie (COM(2020) 301 final), einschließlich der Wasserstoff-Allianz, der Europäischen Batterie-Allianz und der Strategie zur Integration des Energiesystems (COM(2020) 299 final). Diese Technologien werden auch in einer Reihe nationaler Energie- und Klimapläne beschrieben.

¹⁸ SWD(2020) 953 – Dies schließt Gebäude (einschl. Heizung und Kühlung) ein; Technologien zur Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (CCS); Engagement der Bürger und Gemeinschaften; Geothermie; Hochspannungs-Gleichstrom und Leistungselektronik; Wasserkraft; industrielle Wärmerückgewinnung; Kernenergie; Onshore-Windkraft; erneuerbare Kraftstoffe; intelligente Städte und Gemeinschaften; intelligente Netze – digitale Infrastruktur; Solarthermie.

¹⁹ In diesem Bericht und in der Arbeitsunterlage der Kommissionsdienststellen werden Energietechnologien als saubere Energie betrachtet, die in der langfristigen EU-Strategie zur Verwirklichung der Klimaneutralität bis 2050 enthalten sind.

Energie durch saubere Energietechnologien zu erzeugen und zu nutzen und auf den Märkten für Energietechnologie wettbewerbsfähig zu sein, wobei das übergeordnete Ziel darin besteht, der Wirtschaft und den Menschen in der EU Vorteile zu bringen.

Wettbewerbsfähigkeit kann nicht mit einem einzigen Indikator erfasst werden²⁰. Daher wird in diesem Bericht eine Reihe allgemein akzeptierter Indikatoren vorgeschlagen, die zu diesem Zweck verwendet werden können (siehe Tabelle 1 unten), die das gesamte Energiesystem (Erzeugung, Übertragung und Verbrauch) erfassen und auf drei Ebenen (Technologie, Wertschöpfungskette und globaler Markt) analysiert werden.

Tabelle 1 Überblick über die Indikatoren zur Überwachung der Fortschritte bei der Wettbewerbsfähigkeit

Wettbewerbsfähigkeit der EU im Bereich saubere Energie		
1. Analyse der Technologien - Aktuelle Lage und Ausblick	2. Analyse der Wertschöpfungskette der Energietechnologiebranche	3. Globale Marktanalyse
Installierte Leistung, Erzeugung (heute und 2050)	Umsatz	Handel (Importe, Exporte)
Kosten/Stromgestehungskosten (LCOE) (heute und 2050)	Bruttowertschöpfung Jährliche Veränderung in %	Marktführer weltweit gegenüber Marktführern der EU (Marktanteil)
Öffentliche Finanzierung von Forschung und Innovation	Zahl der Unternehmen in der Lieferkette, einschl. Marktführer in der EU	Ressourceneffizienz und -abhängigkeit
Private Finanzierung von Forschung und Innovation	Beschäftigung	Tatsächliche Energiekosten pro Einheit
Patentierungstrends	Energieintensität/Arbeitskräfte Produktivität	
Niveau der wissenschaftlichen Veröffentlichungen	Gemeinschaftsproduktion²¹ Jährliche Produktionswerte	

Die Analyse der Wettbewerbsfähigkeit des Bereichs saubere Energie kann im Laufe der Zeit weiterentwickelt und vertieft werden, und künftige Wettbewerbsberichte könnten andere Aspekte in den Blick nehmen. Beispielsweise durch genauere Betrachtung von Strategien und Instrumenten zur Förderung von Forschung und Innovation und Wettbewerbsfähigkeit auf Ebene der Mitgliedstaaten und wie diese zu den Zielen der Energieunion und des Grünen Deals beitragen, sowie durch Betrachtung der Wettbewerbsfähigkeit auf subsektoraler²², nationaler oder regionaler Ebene, oder indem im Einklang mit den Zielen des europäischen Grünen Deals Synergien und Kompromisse mit ökologischen oder sozialen Auswirkungen analysiert werden.

²⁰ Auf der Grundlage der Schlussfolgerungen des Rates „Wettbewerbsfähigkeit“ vom 28.07.20.

²¹ Die Abkürzung steht für die französische Bezeichnung „Production Communautaire“ (PRODCOM-Datensatz).

²² Z. B. Umfang und Rolle alternativer Geschäftsmodelle sowie die Rolle von KMU und lokalen Akteuren.

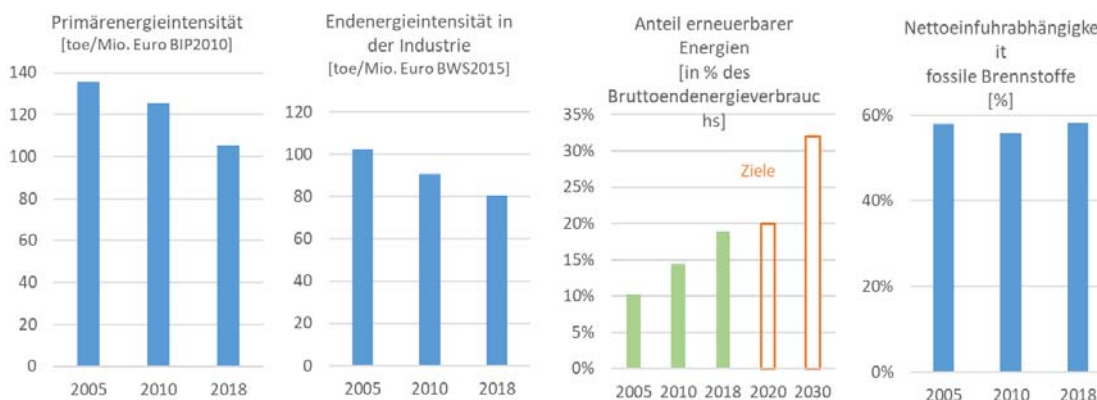
Da für ein breites Spektrum von Wettbewerbsindikatoren keine Daten vorliegen^{23,24}, werden einige eher indirekte Näherungswerte verwendet (z. B. das Investitionsniveau). Die Kommission fordert die Mitgliedstaaten und Interessenträger auf, im Rahmen der nationalen Energie- und Klimapläne (NEKP)²⁵ und des Strategieplans für Energietechnologie zusammenzuarbeiten, um weiterhin ein gemeinsames Konzept für die Bewertung und Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der Energieunion zu entwickeln. Dies ist auch für die nationalen Aufbau- und Resilienzpläne wichtig, die im Rahmen der Aufbau- und Resilienzfazilität ausgearbeitet werden.

2. ALLGEMEINE WETTBEWERBSFÄHIGKEIT DES BEREICHS SAUBERE ENERGIE IN DER EU.

2.1 Trends im Bereich Energie und Ressourcen

Im Zeitraum 2005-2018 ging die Primärenergieintensität in der EU um durchschnittlich fast 2 % pro Jahr zurück, was die Entkopplung der Energienachfrage vom Wirtschaftswachstum belegt. Die Endenergieintensität in Industrie und Baugewerbe folgte dem gleichen Trend, wenn auch etwas langsamer, mit einem Jahresdurchschnitt von 1,8 %, was auf die Bemühungen des Sektors zur Verringerung seines Energieverbrauchs zurückzuführen ist. Dank der Energiepolitik stieg der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch von 10 % auf das Ziel von 20 % für 2020. Der Anteil erneuerbarer Energien im Elektrizitätssektor stieg auf etwas mehr als 32 %. Im Wärme- und Kältesektor stieg er auf etwas mehr als 21 %, während der Verkehrssektor etwas über 8 % lag. Dies zeigt, dass sich das Energiesystem allmählich hin zu sauberen Energietechnologien entwickelt hat (siehe Abbildung 1).

Abbildung 1 EU-Primärenergieintensität, Endenergieintensität in der Industrie, Anteil erneuerbarer Energien und Ziele sowie Nettoeinfuhrabhängigkeit (fossile Brennstoffe)²⁶



Quelle: 1 EUROSTAT

In den letzten zehn Jahren sind die Strompreise für industrielle Verbraucher in der EU²⁷ relativ stabil geblieben und liegen derzeit unter den Preisen in Japan. Sie sind aber

²³ Eine Gesamtdarstellung der Wettbewerbsdefinitionen findet sich in JRC116838, Asensio Bermejo, J. M., Georgakaki, A, Competitiveness Indicators for the low-carbon energy industries – definitions, indices and data sources, 2020.

²⁴ Für einen Überblick über fehlende Daten siehe CETTIR (SWD(2020) 953) Kapitel 5.

²⁵ Dieser Bericht baut auf der Bewertung und den länderspezifischen Leitlinien der nationalen Energie- und Klimapläne (COM(2020) 564 final), die das Thema „Forschung, Innovation und Wettbewerbsfähigkeit“ enthalten, auf und ergänzt diese.

²⁶ Indikatoren für die Energieunion EE1-A1, EE3, DE5-RES und SoS1.

doppelt so hoch wie in den USA und sie liegen über denen der meisten G20-Länder außerhalb der EU. Obwohl die Gaspreise für industrielle Verbraucher²⁸ gesunken sind und unter denen Japans, Chinas und Koreas liegen, sind sie nach wie vor höher als in den meisten G20-Ländern außerhalb der EU. Relativ hohe nicht erstattungsfähige Steuern und Abgaben in der EU und Preisregulierungen und/oder Subventionen in den G20 außerhalb der EU spielen dabei eine wichtige Rolle.

Trotz kurzfristiger Verbesserungen und einer Verringerung der Abhängigkeit von Energieeinfuhren zwischen 2008 und 2013 ist in der EU seitdem ein Anstieg zu verzeichnen²⁹. 2018 lag die Nettoeinfuhrabhängigkeit bei 58,2 % und damit etwas über dem Niveau von 2005, was damit fast den höchsten Werten in diesem Zeitraum entsprach. Ressourceneffizienz und wirtschaftliche Resilienz sind von entscheidender Bedeutung, um wettbewerbsfähig zu sein und die offene strategische Autonomie³⁰ der EU auf dem Markt für saubere Energietechnologien zu stärken. Saubere Energietechnologien verringern zwar die Abhängigkeit von Einfuhren fossiler Brennstoffe, laufen jedoch Gefahr, diese durch die Abhängigkeit von Rohstoffen zu ersetzen. Dadurch entsteht ein neues Versorgungsrisiko³¹. Im Gegensatz zu fossilen Brennstoffen haben Rohstoffe jedoch das Potenzial, durch die Umsetzung von Kreislaufwirtschaftsansätzen³² wie erweiterten Wertschöpfungsketten, Recycling, Wiederverwendung und die Produktgestaltung für die Kreislaufwirtschaft im Wirtschaftskreislauf zu bleiben. Dies wirkt sich auf die Investitionsausgaben aus und verringert den Energiebedarf für die Gewinnung und Verarbeitung neuer Materialien, nicht aber die operativen Ausgaben für die Energieerzeugung. Die EU ist bei Rohstoffen und verarbeiteten Werkstoffen stark von Drittländern abhängig. Bei einigen Technologien hat sie jedoch eine führende Rolle bei der Herstellung von Komponenten und Endprodukten oder Hochtechnologiekomponenten. Spezifische Komponenten, häufig handelt es sich dabei um High-Tech-Materialien, haben eine hohe Angebotskonzentration in einigen wenigen Ländern. (Beispielsweise produziert China mehr als 80 % der weltweit verfügbaren Seltenen Erden für Dauermagnetgeneratoren)³³.

2.2. Anteil des EU-Energiesektors am BIP der EU

Der Umsatz des EU-Energiesektors³⁴ belief sich 2018 auf 1,8 Billionen EUR und entsprach damit fast dem Niveau von 2011 (1,9 Billionen EUR). Auf den Sektor entfallen 2 % der gesamten Bruttowertschöpfung in der Wirtschaft, ein Wert, der seit 2011 weitgehend konstant geblieben ist. Der Umsatz des Sektors der fossilen Brennstoffe

²⁷ Gewichteter EU-Durchschnitt (siehe COM(2020) 951).

²⁸ Gewichteter EU-Durchschnitt (siehe COM(2020) 951).

²⁹ Plausible Gründe sind die Erschöpfung der Gasquellen in der EU, die Wetterunbeständigkeit, die Wirtschaftskrise und die Umstellung im Brennstoffbereich.

³⁰ COM(2020) 562 final.

³¹ COM(2020) 474 final. Bericht der Kommission über finale und kritische Rohstoffe für strategische Technologien und Sektoren in der EU – A Foresight Study, <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42882>.

³² Der Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft legt den Schwerpunkt auf die Schaffung eines Sekundärrohstoffmarktes und die Produktgestaltung für die Kreislaufwirtschaft (COM(2015) 0614 final und COM(2020) 98 final).

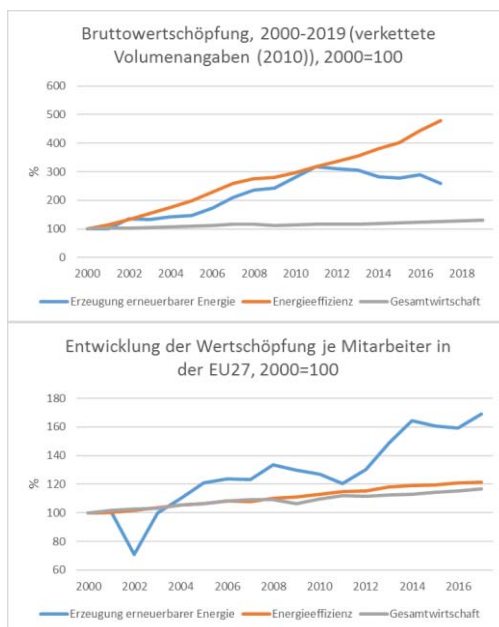
³³ D. T. Blagoeva, P. Alves Dias, A. marmier, C. Pavel (2016): assessment of potential bottlenecks along the materials supply chain for the future deployment of low-carbon energy and transport technologies in the EU. Wind power, photovoltaic and electric vehicles technologies, time frame: [Bewertung potenzieller Engpässe entlang der Materialversorgungskette für den künftigen Einsatz kohlenstoffarmer Energie- und Verkehrstechnologien in der EU. Windkraft-, Photovoltaik- und Elektrofahrzeugtechnologien, Zeitrahmen:] 2015-2030; EUR 28192 EN; doi:10.2790/08169

³⁴ Grundlage hierfür ist die Eurostat-Erhebung über die strukturelle Unternehmensstatistik. Folgende Codes sind enthalten: B05 (Kohlenbergbau), B06 (Gewinnung von Erdöl und Erdgas), B07.21 (Bergbau auf Uran- und Thoriumerze), B08.92 (Torfgewinnung), B09.1 (Erbringung von Dienstleistungen für die Gewinnung von Erdöl und Erdgas), C19 (Kokerei und Mineralölverarbeitung) und D35 (Energieversorgung).

schrumpfte von 36 % (702 Mrd. EUR) des Gesamtumsatzes im Energiesektor im Jahr 2011 auf 26 % (475 Mrd. EUR) im Jahr 2018. Gleichzeitig stieg der Umsatz mit erneuerbaren Energien im selben Zeitraum von 127 Mrd. EUR auf 146 Mrd. EUR.^{35,36}. Die Wertschöpfung des Bereichs saubere Energie (112 Mrd. EUR im Jahr 2017) war im Vergleich zur Gewinnung und Verarbeitung fossiler Brennstoffe (53 Mrd. EUR) mehr als doppelt so hoch und hat sich seit dem Jahr 2000 verdreifacht. Der Bereich saubere Energie erzeugt somit einen höheren Mehrwert, der in Europa verbleibt, als der Bereich fossile Brennstoffe.

Im Zeitraum 2000-2017 wuchs die Bruttowertschöpfung der Erzeugung erneuerbarer Energien um durchschnittlich 9,4 % im Jahr und die der Energieeffizienz um durchschnittlich 22,3 % im Jahr und damit deutlich stärker als die Wirtschaft insgesamt (1,6 %). Auch die Arbeitsproduktivität in der EU (Bruttowertschöpfung je Mitarbeiter) hat sich im Bereich saubere Energie deutlich verbessert, insbesondere bei der Erzeugung erneuerbarer Energien, wo sie seit 2000 um 70 % gestiegen ist.

Abbildung 2 Bruttowertschöpfung und Wertschöpfung je Mitarbeiter, 2000-2019, 2000 = 100



Quelle 2 JRC auf der Grundlage von Eurostat-Daten: [env_ac_egss1], [nama_10_a10_e], [env_ac_egss2], [nama_10_gdp].

2.3 Humankapital

Saubere Energietechnologien und -lösungen bieten 1,5 Millionen Menschen in Europa direkte Vollzeitbeschäftigung³⁷, davon mehr als eine halbe Million Arbeitsplätze³⁸ im

³⁵ Eurostat [sbs_na_ind_r2].

³⁶ EurObserv'ER.

³⁷ Die direkte Beschäftigung im Bereich der Gewinnung und Verarbeitung fossiler Brennstoffe (NACE B05, B06, B08.92, B09.1, C19) belief sich 2018 in der EU-27 auf 328 000 und in der Energieversorgung (NACE D35), in der Strom sowohl aus erneuerbaren als auch aus fossilen Energiequellen geliefert wird, auf 1,2 Millionen. Die Gesamtzahl für den Energiesektor ist weitgehend stabil geblieben, wenngleich die Zahl der Arbeitsplätze im Kohlenbergbau um etwa 80 000 und in der Gewinnung von Erdöl und Erdgas um etwa 30 000 zurückgegangen ist. Siehe: JRC120302, Employment in the Energy Sector Status Report 2020 (Bericht über die Beschäftigungslage im Energiesektor, 2020), EUR 30186 EN, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, 2020.

Bereich erneuerbare Energien (1,5 Millionen, wenn auch indirekte Arbeitsplätze einbezogen werden) und fast 1 Million Arbeitsplätze im Bereich Energieeffizienz (2017)³⁹. Die Zahl der direkten Arbeitsplätze im Bereich der Erzeugung erneuerbarer Energien in der EU stieg von 327 000 im Jahr 2000 auf 861 000 im Jahr 2011 und ging im Jahr 2017 auf 502 000 zurück. Wie aus Abbildung 3 hervorgeht, war nach 2011⁴⁰ ein Rückgang zu verzeichnen, der wahrscheinlich auf die Auswirkungen der Finanzkrise, einschließlich der anschließenden Verlagerung von Produktionskapazitäten, sowie auf eine höhere Produktivität und eine sinkende Arbeitsintensität zurückzuführen ist. Die Zahl der direkten Arbeitsplätze im Bereich Energieeffizienz stieg kontinuierlich von 244 000 im Jahr 2000 auf 964 000 im Jahr 2017. Direkte Arbeitsplätze in diesen Sektoren (erneuerbare Energien) und Energieeffizienz) machen etwa 0,7 % der Gesamtbeschäftigung in der EU aus,⁴¹ aber ihr Wachstum hat mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 3,1 % bzw. 17,4 % den Rest der Wirtschaft übertroffen⁴².

³⁸ Berücksichtigt man auch indirekte Arbeitsplätze, so beschäftigt der Sektor erneuerbare Energien laut EurObserv'ER in der EU-27 fast 1,4 Millionen Menschen. EurObserv'ER berücksichtigt in der Schätzung sowohl direkte als auch indirekte Arbeitsplätze. Zu den direkten Arbeitsplätzen gehören solche in den Bereichen Herstellung von Ausrüstungen im Bereich erneuerbarer Energie, Bau von Anlagen im Bereich erneuerbarer Energie, Ingenieurtechnik und -verwaltung, Betrieb und Wartung, Versorgung mit Biomasse und Nutzung von Biomasse. Indirekte Arbeitsplätze sind solche, die sich auf Nebentätigkeiten wie Transport und sonstige Dienstleistungen, beziehen. Induzierte Arbeitsplätze sind nicht Gegenstand dieser Analyse. EurObserv'ER verwendet zur Bewertung der Beschäftigungslage und des Umsatzes ein formalisiertes Modell.

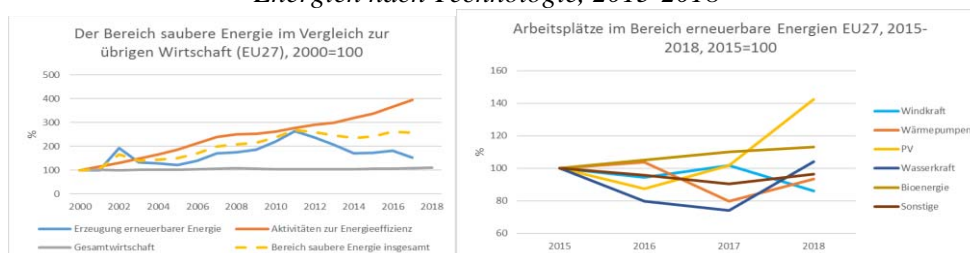
³⁹ Die Eurostat-Daten für den Sektor Umweltgüter und -dienstleistungen (EGSS) werden durch Zusammenführung von Daten aus verschiedenen Quellen (SBS, PRODCOM, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen) geschätzt. In den EGSS werden Informationen über die Produktion von Waren und Dienstleistungen gemeldet, die speziell zum Zwecke des Umweltschutzes oder der Ressourcenbewirtschaftung konzipiert und produziert wurden. Die Analyseeinheit im EGSS ist die Betriebsstätte. Die Betriebsstätte ist ein Unternehmen oder Teil eines Unternehmens, das an einem einzigen Ort ansässig ist und an dem eine einzige Tätigkeit ausgeübt wird oder in dem die hauptsächliche Produktionstätigkeit den größten Teil der Wertschöpfung ausmacht. Sie wird auch über alle NACE-Codes hinweg verfolgt. Wir nutzen CREMA 13A Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen und CREMA 13B Wärme-/Energieeinsparungen und -management.

⁴⁰ Dieser Rückgang lässt sich wahrscheinlich durch die Auswirkungen der Finanzkrise, einschließlich der anschließenden Verlagerung von Produktionskapazitäten, sowie durch Produktivitätssteigerungen und eine sinkende Arbeitsintensität erklären (Quellen: JRC120302 Employment in the Energy Sector Status Report (Bericht über die Beschäftigungslage im Energiesektor, 2020). Der Rückgang wurde durch Photovoltaik und in geringerem Maße durch geothermische Energie verursacht. Die Krise führte zum Rückgang der Zahl der Photovoltaikanlagen und der Verlagerung der Produktion nach Asien. Im Bereich der Onshore- und Offshore-Windenergie ist insbesondere eine höhere Produktivität und damit eine sinkende Arbeitsintensität zu beobachten. Ein Vergleich der direkten Beschäftigung mit der kumulativen installierten Leistung in den letzten zehn Jahren zeigt einen Rückgang der Beschäftigung im Onshore- bzw. Offshore-Windenergiesektor um 47 % bzw. 59 % (Quellen: GWEC 2020, Global Offshore Wind Report, 2020; WindEurope 2020, Aktualisierung der Beschäftigungszahlen auf der Grundlage von WindEurope, Local Impact GI). Laut EurObserv'ER sank die Arbeitsintensität (Arbeitsplätze/MW) im Zeitraum 2015-2018 bei der Windkraft um 19 % und bei der Photovoltaik um 14 %. Die Dynamik im Energieeffizienzsektor ist unterschiedlich (z. B. wirken sich Energieeinsparung und -effizienz direkt positiv durch Kostensenkungen aus), und die Zunahme der Arbeitsplätze im Bereich der Energieeffizienz lässt sich zum Teil durch die starke Zunahme der Arbeitsplätze in der Wärmepumpenbranche seit 2012 erklären (EurObserv'ER). Insgesamt ergibt sich aus den Daten von EurObserv'ER, die sich auf die direkten und indirekten Arbeitsplätze beziehen, ein steigender Trend im Hinblick auf die Arbeitsplätze im Bereich erneuerbare Energien in der EU-27.

⁴¹ Eurostat, EGSS.

⁴² In den übrigen Wirtschaftszweigen betrug das durchschnittliche jährliche Wachstum 0,5 %.

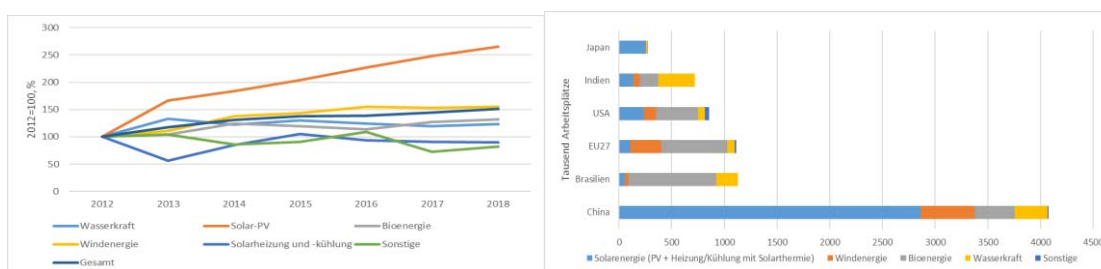
Abbildung 3 Direkte Arbeitsplätze im Bereich saubere Energie im Vergleich zum Rest der Wirtschaft im Zeitraum 2000-2018, 2000 = 100 und Arbeitsplätze im Bereich erneuerbare Energien nach Technologie, 2015-2018



Quelle 3 (JRC auf der Grundlage von Eurostat-Daten env_ac_egss1], [nama_10_a10_e]⁴³ und EurObserv'ER)

Der positive Beschäftigungstrend im Bereich saubere Energie zeigt sich weltweit, wenngleich die Technologien, die mehr Arbeitsplätze bieten, von Region zu Region variieren. Generell wurden Arbeitsplätze vor allem in den Bereichen Photovoltaik und Windenergie geschaffen. Auf China entfallen fast 40 % aller Arbeitsplätze im Bereich der erneuerbaren Energien weltweit und hier findet man die meisten Arbeitsplätze in den Bereichen Photovoltaik, Solarwärme und -kühlung sowie Windenergie. In Brasilien sind die meisten Arbeitskräfte im Bioenergiesektor beschäftigt; und in der EU sind es die Bereiche Bioenergie (etwa die Hälfte aller Arbeitsplätze im Bereich erneuerbare Energien) und Windenergie (etwa ein Viertel), in der die meisten Arbeitskräfte beschäftigt sind (siehe Abbildung 4).

Abbildung 4 Gesamtbeschäftigung im Bereich der Technologien für erneuerbare Energien (2012-2018)⁴⁴



Quelle 4 (JRC auf der Grundlage von IRENA, 2019⁴⁵)

Der Bereich saubere Energietechnologien steht nach wie vor vor Herausforderungen. Ein Problem ist insbesondere die Verfügbarkeit von Fachkräften an den Orten,^{46,47} an denen sie gebraucht werden. Zu den Kompetenzen zählen insbesondere technische Fertigkeiten, IT-Kenntnisse und die Fähigkeit zur Nutzung neuer digitaler Technologien, Kenntnisse von Gesundheits- und Sicherheitsaspekten, spezialisierte Fertigkeiten für die Durchführung von Arbeiten an Orten, die besondere physische Belastungen verlangen

⁴³ Die Erzeugung erneuerbarer Energie bezieht sich auf den Eurostat-EGSS-Code CREMA13A und auf Tätigkeiten im Bereich Energieeffizienz in CREMA13B.

⁴⁴ Die Beschäftigungszahlen pro Land beziehen sich auf das Jahr 2017.

⁴⁵ IRENA. 2019. Renewable Energy and Jobs – Annual Review [Erneuerbare Energien und Arbeitsplätze – Jahresbericht] 2019.

⁴⁶ Basisszenario zur Überbrückung der Qualifikationslücke zwischen Ausbildungsangeboten und branchenspezifischen Anforderungen der Wertschöpfungskette im Bereich der maritimen Technologien, September 2019 – Projekt MATES <https://www.projectmates.eu/wp-content/uploads/2019/07/MATES-Strategy-Report-September-2019.pdf>

⁴⁷ Alves Dias et al. 2018. EU coal regions: opportunities and challenges ahead. [Kohleregionen in der EU: Chancen und Herausforderungen] <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/eu-coal-regions-opportunities-and-challenges-ahead>.

(z. B. in der Höhe oder in der Tiefe), Soft Skills wie Teamarbeit und Kommunikation sowie Englischkenntnisse.

Frauen machten im Jahr 2019 durchschnittlich 32 % der Arbeitskräfte im Bereich der erneuerbaren Energien aus⁴⁸. Diese Zahl ist höher als im traditionellen Energiesektor (25 %⁴⁹), aber niedriger als der Anteil an der Gesamtwirtschaft (46,1 %⁵⁰). Darüber hinaus ist das Geschlechterverhältnis bei bestimmten Beschäftigungsprofilen ganz unterschiedlich.

2.4 Trends in Forschung und Innovation

In den letzten Jahren hat die EU jährlich durchschnittlich fast 20 Mrd. EUR in die Forschung und Innovation im Bereich saubere Energie investiert, die von der Energieunion als Priorität eingestuft wurde.^{51,52} Der Beitrag aus EU-Mitteln beläuft sich auf 6 %, die öffentlichen Mittel der nationalen Regierungen auf 17 % und die Beiträge aus der Wirtschaft auf schätzungsweise 77 %.

Das FuI-Budget für Energie in der EU entspricht 4,7 % der Gesamtausgaben für Forschung und Innovation⁵³. Absolut gesehen haben die Mitgliedstaaten jedoch ihre nationalen FuI-Budgets für saubere Energie reduziert (Abbildung 5); 2018 gab die EU eine halbe Milliarde weniger aus als 2010. Dieser Trend ist global. Die FuI-Ausgaben des öffentlichen Sektors für kohlenstoffarme Energietechnologien waren 2019 niedriger als 2012, während die Länder weiterhin hohe FuI-Mittel für fossile Brennstoffe bereitstellen⁵⁴. Dies ist jedoch das Gegenteil von dem, was jetzt erforderlich ist: Die FuI-Investitionen in saubere Energien müssen erhöht werden, wenn die EU und die Welt ihre Verpflichtungen zur Dekarbonisierung erfüllen wollen. Heute weist die EU, gemessen als Anteil am BIP, die niedrigste Investitionsquote aller großen Volkswirtschaften auf (Abbildung 5). Die EU-Forschungsmittel trugen zu einem größeren Teil der öffentlichen Mittel bei und waren in den letzten vier Jahren von entscheidender Bedeutung, um das Niveau der Investitionen in Forschung und Innovation aufrechtzuerhalten.

⁴⁸ IRENA 2019: <https://www.irena.org/publications/2019/Jan/Renewable-Energy-A-Gender-Perspective>

⁴⁹ Eurostat (2019), abgerufen unter <https://ec.europa.eu/eurostat/web/equality/overview>.

⁵⁰ Eurostat [Ifsa_egan2], 2019.

⁵¹ COM(2015) 80; Erneuerbare Energien, intelligente Systeme, effiziente Systeme, nachhaltiger Verkehr, CCUS-Technologien und nukleare Sicherheit.

⁵² JRC SETIS <https://setis.ec.europa.eu/publications/setis-research-innovation-data>;

JRC112127 Pasimeni, F.; Fiorini, A.; Georgakaki, A.; Marmier, A.; Jimenez Navarro, J. P.; Asensio Bermejo, J. M. (2018): SETIS Research & Innovation country dashboards. Europäische Kommission, Gemeinsame Forschungsstelle der Europäischen Kommission (Joint Research Centre, JRC): <http://data.europa.eu/89h/jrc-10115-10001>, nach:

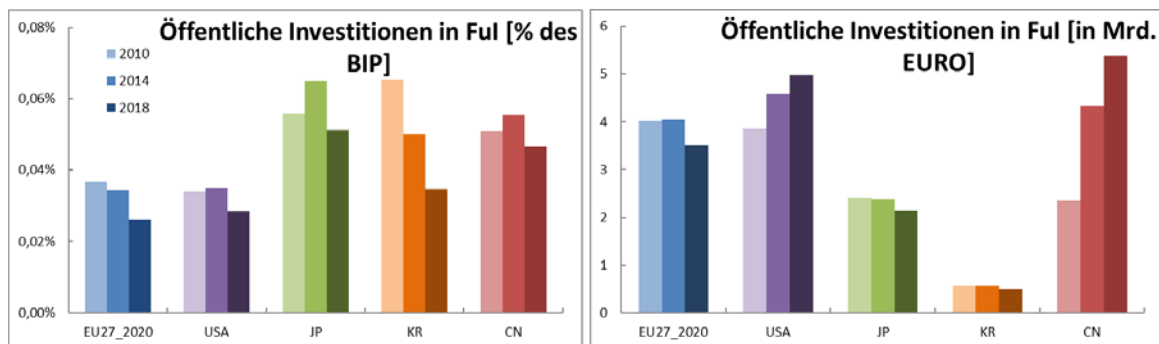
JRC Fiorini, A., Georgakaki, A., Pasimeni, F. und Tzimas, E., Monitoring R&I in Low-Carbon Energy Technologies [Überwachung von Forschung und Innovation in kohlenstoffarmen Energietechnologien], EUR 28446 EN, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, 2017.

JRC 117092 Pasimeni, F., Letout, S., Fiorini, A., Georgakaki, A., Monitoring R&I in Low-Carbon Energy Technologies, Revised methodology and additional indicators, 2020 (erscheint in Kürze) [Überwachung von Forschung und Innovation in kohlenstoffarmen Energietechnologien. Überarbeitete Methodik und zusätzliche Indikatoren].

⁵³ Eurostat, GBAORD insgesamt nach NABS 2007 sozioökonomische Ziele [gba_nabsfin07]. Das energiesozioökonomische Ziel umfasst Forschung und Innovation im Bereich konventionelle Energie. Die Prioritäten im Bereich Forschung und Innovation der Energieunion würden auch unter andere sozioökonomische Ziele fallen.

⁵⁴ IEA ETP <https://www.iea.org/reports/clean-energy-innovation/global-status-of-clean-energy-innovation-in-2020#government-rd-funding>

Abbildung 5 Öffentliche Finanzierung von Forschung und Innovation in FuI-Prioritäten der Energieunion⁵⁵



Quelle 5 JRC⁴⁹ basierend auf IEA⁵⁶, MI⁵⁷.

In der Privatwirtschaft wird derzeit nur ein kleiner Teil der Einnahmen für Forschung und Innovation in den Sektoren ausgegeben, in denen die umfassende Einführung kohlenstoffarmer Technologien am dringendsten benötigt wird⁵¹. Schätzungen der EU zufolge gehen die privaten Investitionen in die FuI-Prioritäten der Energieunion zurück: Sie belaufen sich derzeit auf etwa 10 % der Gesamtausgaben der Unternehmen für Forschung und Innovation⁵⁸. Damit liegen sie höher als in den USA und sind vergleichbar mit Japan, aber niedriger als in China und Korea. Ein Drittel dieser Investitionen fließt in nachhaltigen Verkehr und Transport, während erneuerbare Energien, intelligente Systeme und Energieeffizienz jeweils etwa ein Fünftel erhalten. Während sich die Verteilung privater Forschung und Innovation in der EU in den letzten Jahren nur geringfügig verändert hat, vollzog sich weltweit ein deutlicherer Wandel hin zu industrieller Energieeffizienz und intelligenten Verbrauchertechnologien⁵⁹.

⁵⁵ Ohne EU-Mittel.

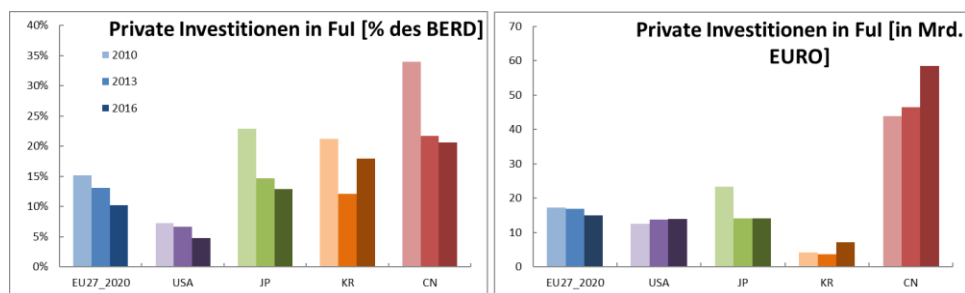
⁵⁶ Angepasst an die Ausgabe 2020 der IEA-Datenbank zu den Forschungs- und Entwicklungsbudgets (Energy Technology RD&D Budgets Database).

⁵⁷ Verfolgung des Fortschritts von Mission Innovation <http://mission-innovation.net/our-work/tracking-progress/>.

⁵⁸ Im Gegensatz dazu die BERD-Statistik: Eurostat/OECD business expenditure on R&D (BERD) by NACE Rev. 2 activity and source of funds [Unternehmensausgaben für Forschung und Entwicklung (BERD) nach Wirtschaftszweigen (NACE) und Finanzierungsquellen] Rev. 2 [rd_e_berdfundr2]; Der Versorgungssektor umfasst Wassersammlung, Wasseraufbereitung und Wasserversorgung; Nicht für alle Länder liegen Daten vor.

⁵⁹ JRC 118288 Beitrag zur Innovationsmission (2019) „Mission Innovation Beyond 2020: challenges and opportunities“ [Mission Innovation Beyond 2020: Herausforderungen und Chancen].

Abbildung 6 Schätzungen der privaten Finanzierung in Forschung und Innovation von FuI-Prioritäten der Energieunion⁶⁰



Quelle: 6 JRC⁴⁹, Eurostat/OECD⁵⁵

Im Durchschnitt machen große börsennotierte Unternehmen und ihre Tochtergesellschaften 20-25 % der Hauptinvestoren aus, sind jedoch für 60-70 % der Patentierungstätigkeit und der Investitionen verantwortlich. In der EU ist die Automobilindustrie in absoluten Zahlen der größte private Investor in die FuI-Prioritäten⁶¹ der Energieunion, gefolgt von Biotechnologie und Arzneimitteln. Abbildung 7 zeigt, dass unter den Energiebranchen der Öl- und Gassektor der größte Investor in Forschung und Innovation ist. Andere Energiesektoren, wie z. B. Elektrizität oder alternative Energie, haben viel geringere Budgets für Forschung und Innovation, obwohl sie mehr davon für saubere Energie ausgeben. Es ist beunruhigend, dass ein großer Teil des privaten Budgets für Forschung und Innovation im Energiesektor nicht für saubere Energietechnologien ausgegeben wird. Nach Angaben der Internationalen Energieagentur (International Energy Agency, IEA) wurden im Durchschnitt weniger als 1 % der gesamten Investitionsausgaben der Öl- und Gasunternehmen außerhalb der Kerngeschäftsfelder^{62,63} getätigt, und nur 8 % der Patente liegen im Bereich saubere Energie⁶⁴.

Abbildung 7 Investitionen der EU in Forschung und Innovation in die FuI-Prioritäten der Energieunion nach Industriesektoren⁶⁵

⁶⁰ Die Schätzungen für China sind insbesondere aufgrund der Unterschiede beim Schutz des geistigen Eigentums (siehe auch <https://chinapower.csis.org/patents/>) und der Schwierigkeiten bei der Beschreibung bzw. Zuordnung von Unternehmensstrukturen (z. B. staatlich geförderte Unternehmen) sowie der Finanzberichterstattung besonders schwierig und unsicher.

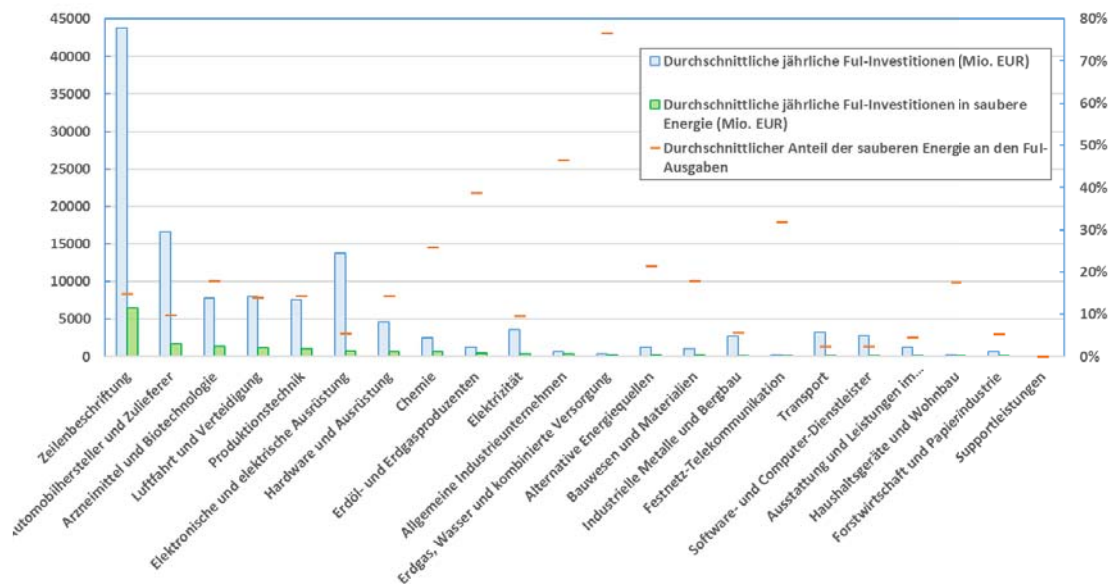
⁶¹ Dies ist eine umfassendere Definition dessen, was als saubere Energietechnologie gilt, als die in diesem Bericht verwendete. Diese weiter gefasste Definition umfasst beispielsweise Forschung und Innovation im Bereich Energieeffizienz in der Industrie.

⁶² Einige führende Einzelunternehmen geben rund 5 % für saubere Energie aus.

⁶³ The oil and gas industry in energy transitions, World energy outlook Special report, IEA, Januar 2020 [Die Öl- und Gasindustrie während der Energiewende, Sonderbericht zur weltweiten Energielage] <https://www.iea.org/reports/the-oil-and-gas-industry-in-energy-transitions>.

⁶⁴ The Energy Transition and Oil Companies' Hard Choices – Oxford Institute for Energy Studies [Die Energiewende und die harten Entscheidungen der Ölgesellschaften - Oxford Institute for Energy Studies], Juli 2019; Rob West, Founder, Thundersaid Energy & Research Associate, OIES and Bassam Fattouh, Director, OIES, S. 4.

⁶⁵ Die wichtigsten beitragenden Sektoren. Fünfjahresdurchschnitt (2012-2016) je Sektor; ein Drittel der Unternehmen (nicht börsennotierte, kleinere Investoren) kann keinem bestimmten Sektor zugeordnet werden.



Quelle: 7 JRC⁴⁹

Die Investitionen in Risikokapital (auch Venture-Capital, VC) für saubere Energie haben in den letzten Jahren zugenommen, sind aber im Vergleich zu den Investitionen der Privatwirtschaft in Forschung und Innovation nach wie vor gering (etwas mehr als 6-7 %). Bislang markiert das Jahr 2020 eine deutliche weltweite Verlangsamung der VC-Investitionen in saubere Energietechnologien⁶⁶.

Die Patentierungstätigkeit im Bereich saubere Energietechnologien⁶⁷ erreichte 2012 ihren Höchststand und ist seither rückläufig.⁶⁸ Innerhalb dieses Trends haben jedoch bestimmte Technologien, die für die Umstellung auf saubere Energie immer wichtiger werden (z. B. Batterien), ihre Patentierungstätigkeit auf demselben Niveau gehalten oder sogar gesteigert.

Die EU und Japan stehen unter den internationalen Wettbewerbern, was hochwertige⁶⁹ Patente für saubere Energietechnologien angeht, an vorderster Front. Patente für saubere Energie machen 6 % aller hochwertigen Erfindungen in der EU aus. Der Anteil der EU ist ähnlich hoch wie der Japans und höher als der Chinas (4 %), der USA und der übrigen Welt (5 %), und steht nach Korea (7 %) an zweiter Stelle der konkurrierenden Volkswirtschaften. In der EU ist ein Viertel der 100 Unternehmen angesiedelt, die bei hochwertigen Patenten im Bereich saubere Energie führend sind. Die meisten Erfindungen, die von multinationalen Unternehmen mit Sitz in der EU finanziert werden, werden in Europa und überwiegend von Tochtergesellschaften in demselben Land hergestellt.⁷⁰ Die USA und China haben die wichtigsten Patentämter – und damit auch Märkte –, an denen Patentanmeldungen aus der EU erfolgen.

⁶⁶JRC⁵² und Analyse der JRC auf der Grundlage von Pitchbook und IEA-Daten zu VC-Investitionen in saubere Energietechnologien.

⁶⁷ Kohlenstoffarme Energietechnologien im Rahmen der FuI-Prioritäten der Energieunion.

⁶⁸ Mit Ausnahme Chinas, hier nehmen lokale Patentanmeldungen weiter zu, es wird aber kein internationaler Patentschutz angestrebt. (Siehe auch: Sind Patente ein Indikator für chinesische Innovation? <https://chinapower.csis.org/patents/>)

⁶⁹ Hochwertige Patentfamilien sind solche, die sich auf die gleiche Erfindung beziehen, aber an unterschiedlichen Patentämtern, das heißt in mehr als einem Land/Markt in der Welt angemeldet wurden.

⁷⁰ Ausnahmen davon erklären sich vor allem durch entsprechende Förderungen, die Sprache und die geografische Nähe.

2.5 Wirtschaftlicher Wiederaufbau nach der COVID-19-Krise⁷¹

Während der Pandemie hat sich das europäische Energiesystem als widerstandsfähig gegenüber den durch die Pandemie verursachten Schocks erwiesen⁷² und es ist ein umweltfreundlicherer Energiemix entstanden. Die Kohleverstromung in der EU ist um 34 % zurückgegangen und der Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern machte im zweiten Quartal 2020 43 % aus, was den bisher höchsten Anteil darstellt⁷³. Gleichzeitig schien die Aktienmarktperformance des Bereichs saubere Energie weniger stark betroffen zu sein und sich schneller zu erholen als der Bereich fossile Brennstoffe. Die Digitalisierung hat Unternehmen und Branchen dabei geholfen, erfolgreich auf die Krise zu reagieren, wodurch auch das Entstehen neuer digitaler Anwendungen gefördert wurde.

Obwohl sich die Energiewertschöpfungsketten in der EU derzeit erholen, hat die Krise die Frage der Optimierung und möglichen Regionalisierung der Lieferketten in den Vordergrund gerückt, um das Risiko künftiger Versorgungsengpässe zu verringern und die Resilienz zu verbessern. Als Reaktion darauf beabsichtigt die Kommission, die kritischen Versorgungsketten für Energietechnologien zu ermitteln, potenzielle Schwachstellen zu analysieren und die Resilienz zu verbessern⁷⁴. Die wichtigsten energiepolitischen Prioritäten im Rahmen der Konjunkturbelebung sind Energieeffizienz, insbesondere durch die Renovierungswelle, erneuerbare Energiequellen, Wasserstoff und die Integration des Energiesystems. Weiterhin besteht Sorge, dass sich die Pandemie auf Investitionen in Forschung und Innovation und die dafür verfügbaren Mittel auswirkt, wie es in früheren Wirtschaftskrisen nachweislich der Fall war.

Konjunkturmaßnahmen können das von den Bereichen Energieeffizienz und erneuerbare Energien⁷⁵, einschließlich des Forschungs- und Innovationssektors, geschaffene Potenzial ausnutzen, um die Beschäftigung anzukurbeln und gleichzeitig auf Nachhaltigkeit hinzuarbeiten. Die Förderung von FuI-Investitionen, einschließlich der Forschung und Innovation innerhalb von Unternehmen, wirkt sich stärker positiv auf die Beschäftigung in Sektoren mit mittlerem bis hohem Technologieniveau wie saubere Energietechnologien aus⁷⁶. Gleichzeitig sind bahnbrechende kohlenstoffarme Technologien erforderlich, beispielsweise in energieintensiven Industriezweigen, für deren Erprobung und Einführung zügigere FuI-Investitionen erforderlich sind.

3. FOKUS AUF SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN UND LÖSUNGEN FÜR SAUBERE ENERGIE

Im folgenden Abschnitt werden die wichtigsten Kennwerte für die Wettbewerbsfähigkeit für jede der sechs oben untersuchten Technologien sowie der *Status, die Wertschöpfungskette und der Weltmarkt* auf der Grundlage der in Tabelle 1 angegebenen

⁷¹ Die folgenden Ausführungen basieren auf den Arbeiten der JRC zu den Auswirkungen von COVID-19 auf das Energiesystem und die Wertschöpfungsketten.

⁷² SWD(2020) 104 – Energy security: good practices to address pandemic risks

⁷³ Quarterly Report on European Electricity Markets, Band 13, Ausgabe 2. [Quartalsbericht über die europäischen Strommärkte] https://ec.europa.eu/energy/data-analysis/market-analysis_en?redir=1

⁷⁴ Die Analyse wird durch eine Studie untermauert, deren Schlussfolgerungen im April 2021 vorgelegt werden sollen.

⁷⁵ Schätzungen zufolge werden bei gleichem Investitionsniveau fast dreimal so viele Arbeitsplätze geschaffen wie in der mit fossilen Brennstoffen betriebenen Industrie. Quelle: Heidi Garrett-Peltier, Green versus brown: Comparing the employment impacts of energy efficiency, renewable energy, and fossil fuels using an input-output model, Economic Modelling, Band 61, 2017, 439-447 [Grün im Vergleich mit Braun; Vergleich der Auswirkungen von Energieeffizienz, erneuerbaren Energien und fossilen Brennstoffen auf die Beschäftigung anhand eines Input-Output-Modells].

⁷⁶ EC work for MI Tracking Progress: The Economic Impacts of R&D in the Clean Energy Sector and COVID-19, 2020, MI Webinar, 6. Mai 2020.

Indikatoren analysiert. Die Performance der EU wird so weit wie möglich mit anderen wichtigen Regionen (z. B. USA, Asien) verglichen. Eine detailliertere Bewertung anderer wichtiger sauberer und kohlenstoffarmer Energietechnologien, die zur Erreichung der Klimaneutralität erforderlich sind, ist im begleitenden Bericht über Technologien und Innovation „Saubere Energiewende – Technologien und Innovation“ enthalten⁷⁷.

3.1 Erneuerbare Offshore-Energiequellen – Windkraft

Technologie: Die installierte Gesamtleistung der Offshore-Windenergie (OW) in der EU belief sich 2019 auf 12 GW⁷⁸. Für den Zeithorizont 2050 prognostizieren die Szenarien der EU etwa 300 GW Offshore-Windenergieleistung in der EU⁷⁹. Weltweit sind die Kosten in den letzten Jahren stark gesunken, und die Nachfrage wurde durch weltweit durchgeführte neue Ausschreibungen und den Bau subventionsfreier Windparks angekurbelt. Die Offshore-Windkraft profitierte erheblich von den Entwicklungen im Bereich der Onshore-Windenergie, insbesondere durch Skaleneffekte (z. B. Materialentwicklungen und gemeinsame Komponenten), wodurch Anstrengungen unternommen werden konnten, den Schwerpunkt auf die innovativsten Segmente der Technologie (z. B. schwimmende Offshore-Windkraftanlagen, neue Werkstoffe und Komponenten) zu legen. Bei den jüngsten Offshore-Windkraftprojekten wurden deutlich erhöhte Leistungsfaktoren beobachtet. Dank anhaltender Anstrengungen im Bereich der Forschung und Innovation ist die durchschnittliche Leistung der Turbinen von 3,7 MW (2015) auf 6,3 MW (2018) gestiegen.

Bei der Forschung und Innovation im Bereich der Offshore-Windenergie stehen die Erhöhung der Turbinengröße, schwimmende Anwendungen (insbesondere Unterkonstruktion), Infrastrukturentwicklungen und die Digitalisierung im Vordergrund. Rund 90 % der FuI-Mittel der EU für Windenergie stammen dabei aus dem Privatsektor⁸⁰. Auf EU-Ebene wird die Forschung und Innovation im Bereich der Offshore-Windenergie seit den 1990er Jahren gefördert. Offshore-Windenergie, insbesondere schwimmende Windenergieanlagen, haben in den letzten Jahren umfangreiche finanzielle Förderungen erhalten (*Abbildung 8*). Diese FuI-Muster zeigen deutlich, dass die EU durch die Entwicklung neuer Marktsegmente Wettbewerbsvorteile erlangen könnte. Beispielsweise eine vollwertige OW-Lieferkette in der EU (ausgeweitet auf noch nicht erschlossene Meeresbecken der EU), eine führende Rolle im Bereich der schwimmenden Offshore-Anlagen, die auf Regionen mit tieferen Gewässern ausgerichtet ist, oder neue Konzepte wie luftgestützte Windsysteme oder die Entwicklung einer Hafeninfrastruktur, mit der die ehrgeizigen Ziele erreicht werden können (und Synergien mit anderen Sektoren, z. B. der Wasserstoffproduktion in Häfen). Die sich bei der Patentierung einschlägiger Technologien abzeichnenden Trends bestätigen Europas Wettbewerbsfähigkeit im Bereich der Windenergie. Wirtschaftsakteure aus der EU sind führend bei der Patentierung hochwertiger Erfindungen⁸¹ und streben auch Patentschutz in anderen Patentämtern außerhalb ihres Heimatmarktes an.

⁷⁷ SWD(2020) 953.

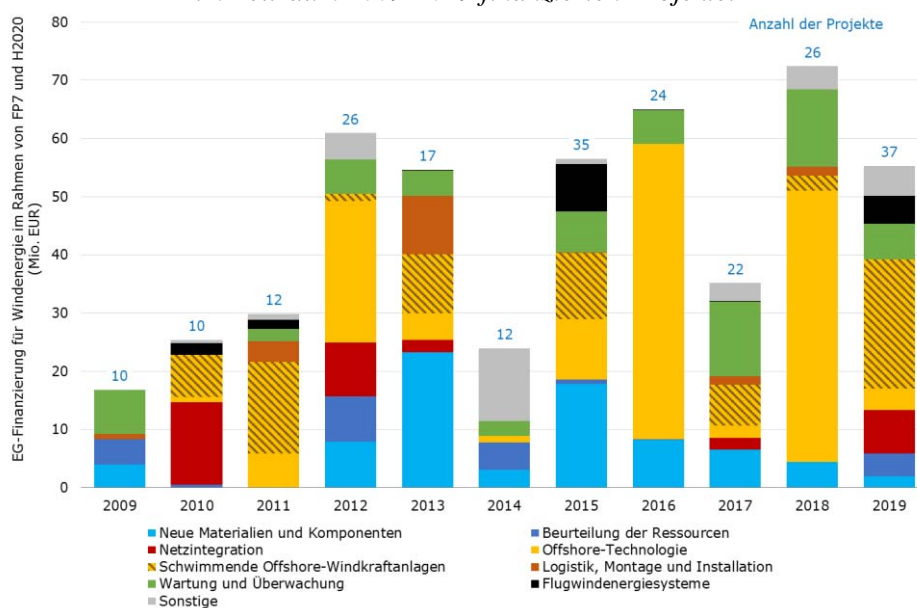
⁷⁸ GWEC, Global Wind Energy Report 2019 (2020).

⁷⁹ Nach dem CTP-MIX-Szenario aus COM(2020) 562 final.

⁸⁰ Bericht der JRC über den Technologiemarkt – Windenergie (2019) (Technology Market Report – Wind Energy).

⁸¹ Das bedeutet, dass Patente in anderen Patentämtern außerhalb des ursprünglichen Anmeldelandes geschützt sind und sich auf Patentfamilien beziehen, die Patentanmeldungen in mehr als einem Patentamt umfassen. Etwa 60 % aller Erfindungen im Bereich der Windenergie in der EU wurden in anderen Ländern zum Patent angemeldet (im Vergleich dazu wurden nur 2 % der chinesischen Erfindungen in anderen Patentämtern außerhalb Chinas angemeldet).

Abbildung 8 Entwicklung der EU-Mittel für Forschung und Innovation, aufgeschlüsselt nach FuI-Prioritäten für Windenergie im Rahmen der Programme FP7 und H2020 und der Anzahl der im Zeitraum 2009-2019 finanzierten Projekte.



Quelle 8 JRC 2020⁸²

Andere jüngste Innovationen zielen auf die Logistik-/Lieferkette ab, dabei geht es z. B. um die Entwicklung von Windturbinen-Getrieben, die so kompakt sind, dass sie in einen Standardcontainer⁸³ passen, sowie die Anwendung von Kreislaufwirtschaftskonzepten während des Lebenszyklus von Anlagen. Zu den weiteren Innovationen und Trends, die in den nächsten zehn Jahren am stärksten zunehmen dürften, zählen supraleitende Generatoren, neuartige Materialien für die Türme von Windkraftanlagen und der Mehrwert von Offshore-Windenergie (Systemwert der Windenergie). Die SET-Plan-Arbeitsgruppe (SET: Europäischer Strategieplan für Energietechnologie) zur Offshore-Windenergie (OW) hat festgestellt, dass die meisten dieser Bereiche für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der EU von entscheidender Bedeutung sind. Derzeit ist Europa in allen Teilen der Wertschöpfungskette von Sensor- und Überwachungssystemen für Werksturbinen, einschließlich Forschung und Produktion, führend⁸⁴.

Wertschöpfungskette: Auf der Marktseite sind die EU-Unternehmen ihren Wettbewerbern bei der Bereitstellung von Offshore-Generatoren aller Leistungsbereiche voraus, was einen gut etablierten europäischen Offshore-Markt und die zunehmende Größe neu installierter Turbinen widerspiegelt⁸⁵. Derzeit werden etwa 93 % der gesamten 2019 in Europa installierten Offshore-Leistung von europäischen Herstellern (Siemens, Gamesa Renewable Energy, MHI Vestas und Senvion⁸⁶) in der Region produziert.

⁸² JRC 2020, Low Carbon Energy Observatory, Wind Energy Technology Development Report 2020, European Commission, 2020, JRC120709 [Beobachtungsstelle für kohlenstoffarme Energie, Bericht über die Entwicklung der Windenergie-technologie 2020, Europäische Kommission 2020].

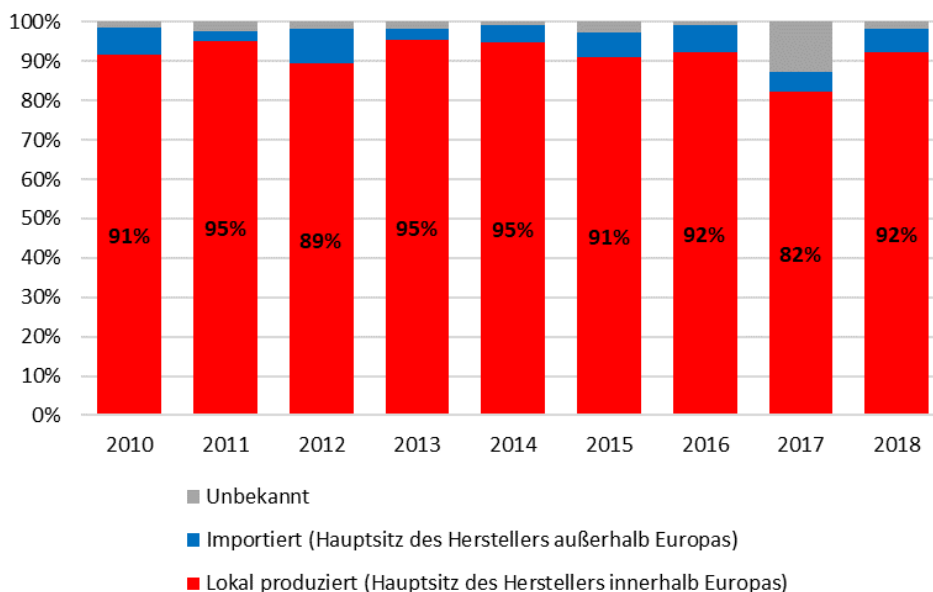
⁸³ SET-Plan, Offshore Wind Implementation Plan (2018).

⁸⁴ ICF, commissioned by DG Grow – Climate neutral market opportunities and EU competitiveness study [ICF, im Auftrag der GD GROW, Studie zu klimaneutralen Marktchancen und zur Wettbewerbsfähigkeit der EU] (2020).

⁸⁵ Bericht der JRC über den Technologiemarkt – Windenergie (2019) (Technology Market Report – Wind Energy).

⁸⁶ Nach der Insolvenz von Senvion und der Schließung der Turbinenfabrik in Bremerhaven Ende 2019 ist mit einer noch stärkeren Marktkonzentration zu rechnen.

Abbildung 9 Neu installierte Leistung der Windenergie (Onshore & Offshore) – lokale gegenüber importierten Windkraftanlagen unter der Annahme eines europäischen Binnenmarktes



Quelle 9 JRC 2020⁸⁷

Globaler Markt: Der Anteil der EU⁸⁸ an den weltweiten Ausfuhren stieg von 28 % im Jahr 2016 auf 47 % im Jahr 2018, und 8 der 10 weltweit führenden Exporteure waren EU-Länder, wobei China und Indien die wichtigsten globalen Wettbewerber waren. Zwischen 2009 und 2018 blieb die Handelsbilanz der EU⁸⁹ positiv und wies einen Aufwärtstrend auf.

Was die Prognosen der globalen Märkte betrifft, so wird davon ausgegangen, dass die Offshore-Windkraftleistung in Asien (einschließlich China) 2030 etwa 95 GW erreichen wird (mit einer prognostizierten globalen Leistung von fast 233 GW bis 2030)⁹⁰. Fast die Hälfte der weltweiten Investitionen in Offshore-Windenergie im Jahr 2018 wurden in China getätigt⁹¹. Gleichzeitig wird im CTP-MIX-Szenario für das Jahr 2030 eine Offshore-Windkraftkapazität von 73 GW in der EU prognostiziert. Derzeit sind im Rahmen der nationalen Energie- und Klimapläne bis 2030 insgesamt Offshore-Windkraftanlagen mit einer Leistung von 55 GW geplant.

Schwimmende Windkraftanlagen scheinen für EU-Länder und Regionen ohne flache Gewässer (schwimmende Offshore-Windparks sind für Tiefen zwischen 50 und 1000 m geeignet) zu einer gangbaren Option zu werden und könnten neue Märkte ausgehend von Gebieten wie dem Atlantik, dem Mittelmeer und möglicherweise dem Schwarzen Meer erschließen. Eine Reihe von Projekten sind geplant oder bereits am Laufen, die bis 2024 zur Errichtung von schwimmenden Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von 350 MW in europäischen Gewässern führen werden. Darüber hinaus will die EU-Windkraftbranche bis 2050 schwimmende Offshore-Windparks mit einer Leistung von 150 GW in europäischen Gewässern errichten, um Klimaneutralität zu erreichen⁹². Der

⁸⁷ JRC 2020, Facts and figures on Offshore Renewable Energy Sources in Europe, JRC121366 [Fakten und Zahlen zu erneuerbaren Offshore-Energiequellen in Europa] (erscheint in Kürze).

⁸⁸ EU einschließlich Vereinigtes Königreich.

⁸⁹ EU einschließlich Vereinigtes Königreich.

⁹⁰ GWEC 2020, Global Offshore Wind Report, 2020.

⁹¹ IRENA – Future of wind (2019, S. 52).

⁹² ETIPWind, Floating Offshore Wind. Delivering climate neutrality (2020).

Weltmarkt für Energie aus schwimmenden Offshore-Windparks stellt für EU-Unternehmen eine beträchtliche wirtschaftliche Chance dar. Bis 2030 werden insgesamt rund 6,6 GW aus dieser Quelle erwartet, wobei in bestimmten asiatischen Ländern (Südkorea und Japan) neben den europäischen Märkten (Frankreich, Norwegen, Italien, Griechenland, Spanien) zwischen 2025 und 2030 erhebliche Leistungen vorhanden sind. Da China über reichliche Windressourcen in flachen Gewässern verfügt, ist nicht damit zu rechnen, dass es mittelfristig schwimmende Windparks mit erheblichen Leistungen errichten wird⁹³. Schwimmende Windkraftanlagen können auch die Auswirkungen auf die Umwelt unter Wasser verringern, insbesondere während der Bauphase.

Die Offshore-Windenergie ist eine wettbewerbsfähige Industrie auf dem Weltmarkt. Die Nachfrage globaler aufstrebender Märkte, wie die Nachfrage nach Energie, die von schwimmenden Windparks erzeugt wird, kann für die EU-Industrie von entscheidender Bedeutung sein, wenn sie in der wachsenden Offshore-Windenergie wettbewerbsfähig sein und dies auch bleiben soll. Eine wichtige Überlegung ist die Frage, ob sich die Mitgliedstaaten zur Windenergie bekennen werden. Aufgrund der derzeitigen Diskrepanz zwischen der Projektion im nationalen Energie- und Klimaplan (NECP) für das Jahr 2030 (55 GW Offshore-Windenergie) und dem Szenario der EU (73 GW⁹⁴) müssen die Investitionen erhöht werden. Die positiven Auswirkungen des Ausbaus der Offshore-Windenergie auf die Versorgungsketten in den Meeresbecken sind für die regionale Entwicklung relevant (Produktionsstandort, marktnahe Montage der Turbinen, Auswirkungen auf die Hafeninfrastruktur). Die Offshore-Strategie⁹⁵ für erneuerbare Energien wird eine Reihe von Maßnahmen zur Bewältigung von Herausforderungen und zur Verbesserung der Offshore-Perspektiven enthalten.

3.2 Erneuerbare Offshore-Energien – Meeresenergie

Technologie: Gezeiten- und Wellenenergietechnologien sind die fortschrittlichsten Meeresenergietechnologien. Sie haben in einer Reihe von Mitgliedstaaten und Regionen ein beträchtliches Potenzial⁹⁶. Bei der Gezeitentechnologie handelt es sich derzeit um eine Technologie vorkommerzieller Natur. Die konzeptionelle Konvergenz hat dazu beigetragen, dass sich die Technologie weiterentwickelt hat und eine beträchtliche Menge an Strom erzeugt wird (mehr als 30 GWh seit 2016⁹⁷). In ganz Europa und weltweit wurden eine Reihe von Projekten durchgeführt und Prototypen entwickelt. Die meisten technologischen Konzepte im Bereich der Wellenenergie haben jedoch einen Technologie-Reifegrad (TRL) von 6-7, wobei ein besonderer Schwerpunkt auf Forschung und Innovation liegt. Die meisten Verbesserungen im Bereich der Wellenenergie ergeben sich aus derzeit in der EU laufenden Projekten. In den letzten fünf Jahren hat sich der Sektor als resilient erwiesen⁹⁸, und dank der erfolgreichen Einführung von Demonstrationsanlagen und Offshore-Pionieranlagen wurden erhebliche technologische Fortschritte erzielt.⁹⁹

⁹³ GWEC 2020, Global Offshore Wind Report, 2020.

⁹⁴ Nach dem CTP-MIX-Szenario aus COM(2020) 562 final.

⁹⁵ Dieses wird voraussichtlich im Laufe des Jahres 2020 veröffentlicht.

⁹⁶ In Frankreich, Irland und Spanien besteht ein beträchtliches Potenzial für die Entwicklung der Gezeitenenergie und in den anderen Mitgliedstaaten zumindest ein lokalisiertes Potenzial. Ein hohes Potenzial für die Wellenenergie finden wir zum Beispiel im Atlantik, ein lokalisiertes Potenzial in der Nordsee, in der Ostsee, im Mittelmeer und im Schwarzen Meer.

⁹⁷ Ofgem Renewable Energy Guarantees Origin Register (Herkunftsregister für erneuerbare Energien). <https://www.renewablesandchp.ofgem.gov.uk/>

⁹⁸ Europäische Kommission (2017) Study on Lessons for Ocean Energy Development, EUR 27984.

⁹⁹ Magagna & Uihlein (2015) 2014 JRC Ocean Energy Status Report [Bericht über den Zustand der Meeresenergie].

Die Szenarien der langfristigen Klimaschutzstrategie (long-term strategy – LTS) sehen eine begrenzte Verbreitung der Meeresenergietechnologie vor. Die hohen Kosten von Wellen- und Gezeitenwandlern und die begrenzten verfügbaren Informationen über die Leistung begrenzen die Einspeisung von Meeresenergie im Modell¹⁰⁰. Gleichzeitig wird im europäischen Grünen Deal die Schlüsselrolle der erneuerbaren Meeresenergie beim Übergang zu einer klimaneutralen Wirtschaft hervorgehoben, wobei unter den richtigen Markt- und Politikbedingungen ein erheblicher Beitrag erwartet wird (2,6 GW bis 2030¹⁰¹ und 100 GW in europäischen Gewässern bis 2050¹⁰²). Laufende Demonstrationen zeigen, dass die Kosten rasch gesenkt werden können: Aus den Daten von Horizont-2020-Projekten geht hervor, dass die Kosten der Gezeitenenergie zwischen 2015 und 2018 um mehr als 40 % gesunken sind^{103,104}.

Wertschöpfungskette: Die Führungsrolle Europas erstreckt sich auf die gesamte Versorgungskette für Meeresenergie¹⁰⁵ und das Innovationssystem¹⁰⁶. Das europäische Cluster, das sich aus spezialisierten Forschungsinstituten, Entwicklern und der Verfügbarkeit von Forschungsinfrastrukturen zusammensetzt, hat es Europa ermöglicht, seine derzeitige Wettbewerbsposition zu entwickeln und zu erhalten.

Globaler Markt: Die EU bleibt trotz des Austritts des Vereinigten Königreichs aus dem Block und der Veränderungen auf dem Markt für Wellen- und Gezeitenenergietechnologien weltweit führend. 70 % der weltweiten Leistung der Meeresenergie wurden von Unternehmen mit Sitz in der EU entwickelt¹⁰⁷. In den nächsten zehn Jahren wird es für die Entwickler in der EU von entscheidender Bedeutung sein, auf ihrer Wettbewerbsposition aufzubauen. Die globale Leistung der Meeresenergie wird in den nächsten fünf Jahren voraussichtlich auf 3,5 GW und bis 2030 auf bis zu 10 GW steigen¹⁰⁸.

¹⁰⁰ In den kommenden Jahren dürften die Ergebnisse der EU-Energiemodelle die Validierung und Kostensenkung dieser Technologien widerspiegeln.

¹⁰¹ Europäische Kommission (2018): Market study on ocean energy. 2.2GW of tidal stream and 423MW of wave energy. [Marktstudie zur Meeresenergie. 2,2 GW Gezeitenenergie und 423 MW Wellenenergie.]

¹⁰² Europäische Kommission (2017): Strategischer Fahrplan für die Meeresenergie: Aufbau der Meeresenergie für Europa.

¹⁰³ JRC (2019) Technology Development Report LCEO: Ocean Energy.

¹⁰⁴ Darüber hinaus könnten FuI-Kosten in den Bereichen fortgeschrittene und hybride Werkstoffe, neue Fertigungsprozesse und additive Fertigung unter Einsatz innovativer 3D-Technologien weiter gesenkt werden. Dies könnte auch dazu beitragen, den Energieverbrauch zu senken, die Vorlaufzeiten zu verkürzen und die Qualität im Zusammenhang mit der Herstellung großer Gusskomponenten zu verbessern.

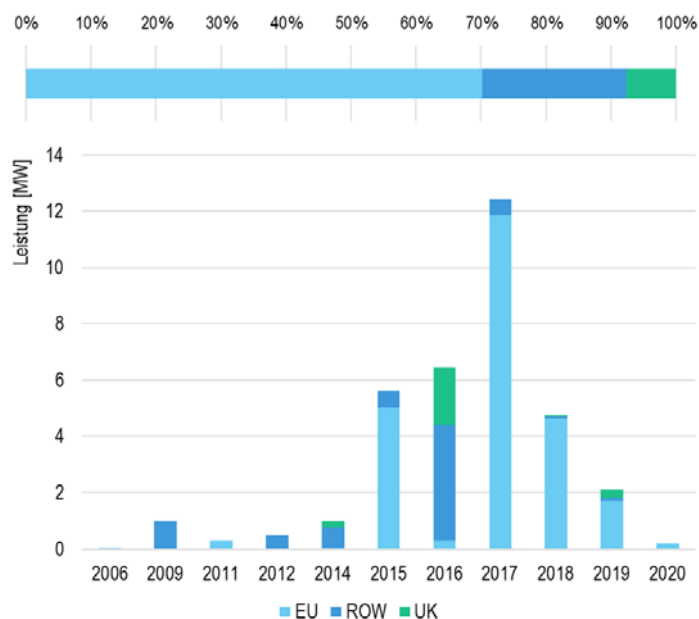
¹⁰⁵ JRC (2017) Supply chain of renewable energy technologies in Europe [Lieferkette für Technologien für erneuerbare Energien in Europa].

¹⁰⁶ JRC (2014) Overview of European innovation activities in marine energy technology [Überblick über die europäischen Innovationstätigkeiten im Bereich der Meeresenergietechnologie].

¹⁰⁷ JRC (2020) - Facts and figures on Offshore Renewable Energy Sources in Europe [Fakten und Zahlen zu erneuerbaren Offshore-Energiequellen in Europa], JRC121366 (erscheint in Kürze).

¹⁰⁸ EURActive (2020) <https://www.euractiv.com/section/energy/interview/irena-chief-europe-is-the-frontrunner-on-tidal-and-wave-energy/>.

Abbildung 10 Installierte Leistung nach Herkunft der Technologie



Quelle 10 JRC 2020¹⁰⁹

In der EU¹¹⁰ haben 838 Unternehmen in 26 Ländern zwischen 2000 und 2015 Patente für Technologien im Bereich der Meeresenergie angemeldet oder waren an der Anmeldung von Patenten beteiligt¹¹¹. Dank der anhaltenden Förderung von Forschung und Innovation hat die EU seit Langem eine technologische Führungsrolle bei der Entwicklung von Meeresenergietechnologien inne. Zwischen 2007 und 2019 beliefen sich die Ausgaben für Forschung und Innovation im Bereich Wellen- und Gezeitenenergie auf insgesamt 3,84 Mrd. EUR, die zum Großteil (2,74 Mrd. EUR) aus privaten Quellen stammten. Im gleichen Zeitraum trugen die nationalen Programme für Forschung und Innovation 463 Mio. EUR zur Entwicklung der Wellen- und Gezeitenenergie bei, und EU-Mittel in Höhe von fast 650 Mio. EUR flossen in die Forschung und Innovation (einschließlich NER300- und Interreg-Projekte (kofinanziert aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung))¹¹². Im Durchschnitt wurden im Berichtszeitraum mit 1 Mrd. EUR aus öffentlichen (EU-¹¹³ oder nationalen) Mitteln private Investitionen in Höhe von 2,9 Mrd. EUR mobilisiert.

Damit Gezeiten- und Wellenenergietechnologien ihr Potenzial im Energiemix ausschöpfen können, sind noch erhebliche Kostensenkungen erforderlich. Dafür sind intensiverte (d. h. mehr Projekte im Wasser) und fortlaufende (d. h. Kontinuität der Projekte) Demonstrationsaktivitäten notwendig. Trotz der Fortschritte im Bereich der technologischen Entwicklung und Demonstration erweist sich der Aufbau eines tragfähigen Marktes in dem Sektor als schwierig. Die Unterstützung auf einzelstaatlicher Ebene scheint gering zu sein, was sich in begrenzten Zusagen für Meeresenergiekapazitäten in den nationalen Energie- und Klimaplänen im Vergleich zu

¹⁰⁹ JRC (2020) - Facts and figures on Offshore Renewable Energy Sources in Europe [Fakten und Zahlen zu erneuerbaren Offshore-Energiequellen in Europa], JRC121366 (erscheint in Kürze).

¹¹⁰ EU einschließlich Vereinigtes Königreich.

¹¹¹ JRC (2020) Technology Development Report Ocean Energy 2020 Update. [Entwicklungsbericht zur Meeresenergie 2020 Update]

¹¹² JRC-Berechnung, 2020.

¹¹³ Die bis 2020 gewährten EU-Mittel umfassten Empfänger aus dem Vereinigten Königreich.

2010 und dem Fehlen klarer gezielter Förderungen für Demonstrationsprojekte oder die Entwicklung innovativer Vergütungssysteme für neu entstehende Technologien für Energie aus erneuerbaren Quellen widerspiegelt. Dadurch werden die Möglichkeiten für die Entwicklung eines Geschäftsszenarios und die Ermittlung tragfähiger Wege für die Entwicklung und den Einsatz der Technologie eingeschränkt. Spezifische Geschäftsszenarien für Meeresenergie müssen daher stärker in den Mittelpunkt gerückt werden. Dies gilt insbesondere, wenn die Planbarkeit dieser Technologien ihren Wert und ihr Potenzial für die Dekarbonisierung kleiner Gemeinschaften und Inseln in der EU¹¹⁴ steigern kann. Die geplante Strategie für erneuerbare Offshore-Energie bietet die Gelegenheit, die Entwicklung der Meeresenergie zu unterstützen und die EU in die Lage zu versetzen, ihre Ressourcen in der gesamten EU voll auszuschöpfen.

3.3 Photovoltaik (PV)

Technologie: Photovoltaik (PV) ist zur weltweit am schnellsten wachsenden Energietechnologie mit immer breiterer und höherer Nachfrage geworden, da sie in mehr und mehr Märkten und Anwendungen die wettbewerbsfähigste Möglichkeit der Stromerzeugung ist. Dieses Wachstum wird durch die sinkenden Kosten von PV-Systemen (EUR/W) und die zunehmend wettbewerbsfähigeren Kosten des erzeugten Stroms (EUR/MWh) unterstützt.

Die installierte Gesamtleistung der Photovoltaikanlagen in der EU¹¹⁵ belief sich 2019 auf 134 GW und soll Schätzungen zufolge bis 2030 auf 370 GW und bis 2050 auf 1051 GW ansteigen¹¹⁶. Angesichts des erheblichen erwarteten Anstiegs der Photovoltaikleistung in der EU und weltweit sollte Europa in der gesamten Wertschöpfungskette eine bedeutende Rolle spielen. Derzeit sind europäische Unternehmen in den verschiedenen Segmenten der Photovoltaik-Wertschöpfungskette (Abbildung 11) unterschiedlich leistungsfähig.

¹¹⁴ Europäische Kommission (2020), Bericht über die blaue Wirtschaft der EU, 2020.

¹¹⁵ EU einschließlich Vereinigtes Königreich.

¹¹⁶ Gemäß den Prognosen in der Folgenabschätzung zur Unterstützung des Klimazielplans (COM(2020) 562 final).

Abbildung 11 Europäische Akteure in der Wertschöpfungskette der Photovoltaikindustrie



Quelle: 11 ASSET-Studie zur Wettbewerbsfähigkeit

Wertschöpfungskette: EU-Unternehmen sind vor allem im nachgelagerten Teil der Wertschöpfungskette wettbewerbsfähig. Insbesondere gelang es ihnen, in den Bereichen Überwachung, Kontrolle und Systembilanz (Balance of Systems, BoS) wettbewerbsfähig zu bleiben, in der EU befinden sich einige der führenden Unternehmen in der Herstellung von Wechselrichtern und Solartrackern. EU-Unternehmen haben auch weiterhin eine führende Position im Bereich der schlüsselfertigen Errichtung, wo etablierte Marktteilnehmer wie Enerparc, Engie, Enel Green Power oder BayWa.re weltweit neue Marktanteile gewinnen konnten¹¹⁷. Darüber hinaus verfügt die Herstellung von Anlagen und Ausrüstungen nach wie vor über eine starke Basis in Europa (z. B. Meyer Burger, Centrotherm, Schmid).

Globaler Markt: In einigen vorgelagerten Teilen der Wertschöpfungskette (z. B. Herstellung von Photovoltaikzellen und -modulen) hat die EU jedoch Marktanteile verloren. Die höchste Wertschöpfung liegt sowohl im vorgelagerten Bereich (Grundlagenforschung und angewandte Forschung und Entwicklung sowie Design) als auch im nachgelagerten Bereich (Marketing, Vertrieb und Markenmanagement). Obwohl die Tätigkeiten mit der geringsten Wertschöpfung in der Mitte der Wertschöpfungskette (Fertigung und Montage) stattfinden, haben Unternehmen ein Interesse daran, in diesen Segmenten gut positioniert zu sein, um Risiken und Finanzierungskosten zu verringern. Nach wie vor ist einer der führenden Hersteller von Polysilicium (Wacker Polysilicon AG), dessen Produktion allein ausreicht, um 20 GW Solarzellen herzustellen, und der einen erheblichen Teil seines Polysiliciums nach China exportiert, in der EU ansässig¹¹⁸. Die weltweite Produktion von Photovoltaikmodulen wird derzeit auf rund 57,8 Mrd. EUR geschätzt, wovon 7,4 Mrd. EUR (12,8 %) auf die EU entfallen. Dank der

¹¹⁷ ASSET-Studie zur Wettbewerbsfähigkeit, 2020.

¹¹⁸ JRC PV Status Report, 2011.

Herstellung von Polysilicium-Ingots macht die EU immer noch einen hohen Anteil am Gesamtwert des Segments aus. Bei der Herstellung von Photovoltaikzellen und -modulen ist dieser Anteil jedoch drastisch zurückgegangen. Alle 10 führenden Hersteller von Photovoltaikzellen und -modulen produzieren nun den größten Teil ihrer Produkte in Asien¹¹⁹.

Die Investitionskosten für Anlagen zur Herstellung von Polysilicium, Solarzellen und Modulen gingen zwischen 2010 und 2018 drastisch zurück. Zusammen mit Innovationen im verarbeitenden Gewerbe sollte dies der EU die Möglichkeit bieten, die Photovoltaikindustrie neu zu betrachten und die Situation umzukehren¹²⁰.

Die starke Präsenz der EU in den weit vor- und weit nachgelagerten Teilen der Wertschöpfungskette könnte durchaus eine Grundlage für den Wiederaufbau der Photovoltaikindustrie bilden. Dies würde eine Ausrichtung auf Spezialisierungen oder Produkte mit hohem Leistungswert/hohem Wert erfordern, wie die Herstellung von Ausrüstungen und Wechselrichtern sowie Photovoltaikprodukte, die auf die besonderen Bedürfnisse des Bausektors, des Verkehrs (fahrzeugintegrierte Photovoltaik) und/oder der Landwirtschaft (doppelte Landnutzung mit Agrophotovoltaik) oder auf die Nachfrage nach hocheffizienten/hochwertigen Solaranlagen zugeschnitten sind, um die Nutzung verfügbarer Flächen und Ressourcen zu optimieren. Die Modularität der Technologie erleichtert die Integration von Photovoltaik in eine Reihe von Anwendungen, insbesondere im städtischen Umfeld. Diese neuartigen Photovoltaik-Technologien, die nun in die kommerzielle Phase eintreten, könnten eine neue Grundlage für den Wiederaufschwung der Branche bieten¹²¹. Die fundierten Kenntnisse der Forschungseinrichtungen der EU, die qualifizierten Arbeitskräfte und die bestehenden und aufstrebenden Akteure der Branche bilden die Grundlage für die erneute Etablierung einer starken europäischen Photovoltaik-Lieferkette¹²². Um wettbewerbsfähig zu bleiben, muss eine solche Branche eine globale Reichweite entwickeln. Der Aufbau einer leistungsfähigen Photovoltaikindustrie in der EU würde auch das Risiko von Versorgungsunterbrechungen und Qualitätsrisiken verringern.

3.4 Erzeugung von erneuerbarem Wasserstoff durch Elektrolyse

In diesem Abschnitt geht es um die Erzeugung von Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen und um die Wettbewerbsfähigkeit dieses ersten Segments der Wasserstoff-Wertschöpfungskette¹²³. Wasserstoff ist als Energieträger für die Speicherung von

¹¹⁹ Izumi K., PV Industry in 2019 from IEA PVPS Trends Report, Konferenz der Europäischen Technologie- und Innovationsplattform für Photovoltaik (ETIP PV) „Readying for the TW era“ Mai 2019, Brüssel.

¹²⁰ Arnulf Jäger-Waldau, Ioannis Kougias, Nigel Taylor, Christian Thiel, How photovoltaics can contribute to GHG emission reductions of 55 % in the EU by 2030, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Band 126, 2020, 109836, ISSN 1364-0321.

¹²¹ Hier einige Beispiele für die relevantesten Initiativen zur Photovoltaikherstellung in Europa: i) das Projekt H2020 „Ampere“, das den Bau einer Pilotlinie zur Herstellung von HJT-Solarzellen (Heterojunction-Technologie) und -Modulen fördert. Die 3Sun Factory (Catania, Italien) produziert eine der effizientesten Photovoltaiktechnologien auf der Grundlage dieses Ansatzes. ii) Die Photovoltaik-Initiative Oxford zur Herstellung von Photovoltaikzellen, die auf Perowskitmaterialien basieren (perowskitbasierte Photovoltaik), erhält ein EIB-Darlehen im Rahmen der InnovFin-EDP-Fazilität. iii) die patentgeschützte Heterojunction/SmartWire-Technologie von Meyer Burger, die effizienter ist als die derzeit übliche Mono-PERC-Standardtechnologie, sowie andere derzeit verfügbare Heterojunction-Technologien.

¹²² Assessment of Photovoltaics (PV) Final Report, Trinomics (2017).

¹²³ Die Wasserstoffproduktion vor Ort für den am selben Ort erfolgenden Verbrauch in industriellen Anwendungen scheint ein vielversprechendes Muster zu sein, das es ermöglichen könnte, im Einklang mit dem Ziel einer klimaneutralen Wirtschaft und der Wasserstoffstrategie rasch den Maßstab für eine breitere Einführung von Wasserstoff als Energieträger im Energiesystem zu erreichen. Die Wettbewerbsfähigkeit der anderen Segmente der Versorgungskette wie der Transport von Wasserstoff, seine Speicherung und seine Umwandlung in

Energie aus erneuerbaren Energiequellen und für die Dekarbonisierung von Sektoren, die nicht für die Elektrifizierung geeignet sind, von entscheidender Bedeutung. Ziel der Wasserstoffstrategie der EU ist die Integration von 40 GW erneuerbarem Wasserstoff¹²⁴ aus Elektrolyse-Anlagen, die Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen herstellen, und die Produktion von bis zu 10 Mio. Tonnen erneuerbarem Wasserstoff in das Energiesystem der EU bis 2030 mit direkten Investitionen zwischen 24 Mrd. EUR und 42 Mrd. EUR^{125,126}.

Technologie: Die Kapitalkosten für Elektrolyseure sind in den letzten zehn Jahren um 60 % gesunken und dürften sich dank Skaleneffekten bis 2030 im Vergleich zu heute nochmals halbieren¹²⁷. Die Kosten für Wasserstoff aus erneuerbaren Energien¹²⁸ liegen derzeit zwischen 3 und 5,5 EUR pro Kilo, dies macht ihn teurer als Wasserstoff aus nicht erneuerbaren Energiequellen (2 EUR (2018) pro Kilo Wasserstoff¹²⁹).

Heute stammen weniger als 1 % der weltweiten Wasserstoffproduktion aus erneuerbaren Quellen¹³⁰. Prognosen für 2030 beziffern die Kosten für erneuerbaren Wasserstoff auf 1,1-2,4 EUR/kg¹³¹, er wäre damit billiger als CO₂-armer Wasserstoff auf fossiler Basis¹³² und nahezu wettbewerbsfähig mit fossilem Wasserstoff¹³³.

Zwischen 2008 und 2018 unterstützte das Gemeinsame Unternehmen „Brennstoffzellen und Wasserstoff“ (FCH JU) 246 Projekte in verschiedenen wasserstoffbezogenen technologischen Anwendungen und erreichte einen Gesamtinvestitionsbetrag von 916 Mio. EUR, der durch private und nationale/regionale Investitionen in Höhe von 939 Mio. EUR ergänzt wurde. Im Rahmen des Programms Horizont 2020 (2014-2018) wurden mehr als 90 Mio. EUR für die Entwicklung von Elektrolyseanlagen bereitgestellt,

Endanwendungen (z. B. Mobilität, Gebäude) wird in diesem Bericht nicht behandelt. Die Kommission hat die „Europäische Allianz für sauberen Wasserstoff“ als Plattform für Interessenträger ins Leben gerufen, um die einschlägigen Akteure zusammenzubringen.

¹²⁴ Erneuerbarer Wasserstoff (häufig als „grüner Wasserstoff“ bezeichnet) ist Wasserstoff, der in Elektrolyseanlagen (sogenannten Elektrolyseuren) hergestellt wird, die mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen betrieben werden, Wasser wird dabei in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten.

¹²⁵ A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe [Wasserstoffstrategie für ein klimaneutrales Europa], [deutsche Zusammenfassung: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/FS_20_1296] [deutsche Fassung: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9390-2020-INIT/de/pdf>]https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf.

¹²⁶ Darüber hinaus wäre von nun an bis 2030 ein Betrag zwischen 220 Mrd. EUR und 340 Mrd. EUR erforderlich, um die Leistung zu erweitern und 80-120 GW Solar- und Windenergiegeneratoren an die Elektrolyseanlagen anzuschließen, um den erforderlichen Strom zu liefern.

¹²⁷ Aus der Wasserstoffstrategie: Auf der Grundlage von Kostenbewertungen von IEA, IRENA und BNEF. Die Kosten für Elektrolyseure werden in der Zeit nach 2030 von 900 EUR/kW auf 450 EUR/kW oder weniger und nach 2040 auf 180 EUR/kW sinken. Die Kosten der CO₂-Abscheidung und -Speicherung erhöhen die Kosten der Erdgasreformierung von 810 EUR/kWh2 auf 1512 EUR/kWh2. Für 2050 werden die Kosten auf 1152 EUR/kWh2 geschätzt (IEA, 2019).

¹²⁸ Der Stand der Technik für den Wirkungsgrad alkalischer Elektrolyseure liegt bei etwa 50 kWh/kgH₂ (ca. 67 % basierend auf dem unteren Heizwert für Wasserstoff (LHV)) und 55 kWh/kgH₂ (ca. 60 %, basierend auf dem unteren Heizwert für Wasserstoff (LHV)) für die PEM-Elektrolyse. Der Energieverbrauch bei der Festoxid-Elektrolyse (solid-oxide electrolysis, SOE) ist niedriger (in der Größenordnung von 40 kWh/kgH₂), doch ist eine Wärmequelle erforderlich, um die erforderlichen hohen Temperaturen (> 600 °C) zu gewährleisten. https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/MAWP%20final%20version_endorsed%20GB%2015062018%20%28ID%203712421%29.pdf

¹²⁹ <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/hydrogen-production-costs-using-natural-gas-in-selected-regions-2018-2> Im Original: 1,7 USD - Verwendeter Kurs: (EUR 1 = USD 1,18)

¹³⁰ International Energy Agency, Hydrogen Outlook, Juni 2019, S. 32-2018 Schätzungen.

¹³¹ COM(2020) 301 final.

¹³² Bezieht sich auf „fossilen Wasserstoff mit CO₂-Abscheidung“, bei dem die bei der Wasserstoffherzeugung ausgestoßenen Treibhausgase abgeschieden werden.

¹³³ Bezieht sich auf Wasserstoff, der mit einer Vielzahl von Verfahren hergestellt wird, bei denen fossile Brennstoffe als Einsatzstoffe verwendet werden (COM(2020) 301 final).

dazu kamen private Mittel in Höhe von 33,5 Mio. EUR^{134,135}. Auf nationaler Ebene hat Deutschland mit 39 Mio. EUR¹³⁶ für Projekte zur Entwicklung von Elektrolyseuren zwischen 2014 und 2018 die meisten Mittel bereitgestellt¹³⁷. In Japan erhielt Asahi Kasei einen Zuschuss in Höhe von mehreren Millionen Dollar zur Unterstützung der Entwicklung eines alkalischen Elektrolyseurs¹³⁸.

Asien (vor allem China, Japan und Südkorea) ist bei der Gesamtzahl der zwischen 2000 und 2016 angemeldeten Patente für die Gruppen Wasserstoff, Elektrolyseure und Brennstoffzellen führend. Dennoch schneidet die EU sehr gut ab und hat die meisten „hochwertigen“ Patentfamilien in den Bereichen Wasserstoff und Elektrolyseure angemeldet. Japan hat jedoch die meisten „hochwertigen“ Patentfamilien im Bereich der Brennstoffzellen angemeldet.

Wertschöpfungskette: Die wichtigsten Wasserelektrolysetechnologien sind alkalische Elektrolyse (AEL), Polymer-Elektrolyt-Membran (PEM)-Elektrolyse (PEM-Elektrolyse oder PEMEL) und Feststoff-Oxid-Hochtemperatur-Elektrolyse (SOEL)¹³⁹:

- Die alkalische Elektrolyse (AEL) ist eine ausgereifte Technologie mit Betriebskosten, die durch Stromkosten und hohe Kapitalkosten bedingt sind. Forschungsschwerpunkte sind Hochdruckbetrieb und Kopplung mit dynamischen Lasten.
- Die Polymer-Elektrolyt-Membran-Elektrolyse (PEMEL) kann derzeit deutlich höhere Dichten¹⁴⁰ erreichen als AEL und SOEL, wodurch die Kapitalkosten weiter gesenkt werden können. In den letzten Jahren wurden in der EU (in Deutschland, Frankreich, Dänemark und den Niederlanden) mehrere große Anlagen (im Megawatt-Bereich) errichtet, die es der EU ermöglichen, im Bereich der alkalischen Elektrolyse (AEL) aufzuholen. Es handelt sich um eine marktreife Technologie, deren Forschungsschwerpunkt in erster Linie auf der Erhöhung der flächenbezogenen Leistungsdichte bei gleichzeitiger Verringerung des kritischen Rohstoffverbrauchs¹⁴¹ und der dauerhaften Performance liegt.
- Die Feststoff-Oxid-Hochtemperatur-Elektrolyse (Solid Oxid Electrolysis, SOEL) weist die größte Effizienz auf. Die Anlagen sind jedoch entsprechend kleiner, in der

¹³⁴ JRC 2020 „Current status of Chemical Energy Storage Technologies“ [Aktueller Stand der chemischen Energiespeichertechnologien], S. 63.

https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC118776/current_status_of_chemical_energy_storage_technologies.pdf.

¹³⁵ Gegenüber 472 Mio. EUR für das Gemeinsame Unternehmen (FCH-JU) insgesamt und 439 Mio. EUR für andere Finanzierungsquellen.

¹³⁶ Dazu gehören sowohl private als auch öffentliche Mittel.

¹³⁷ JRC 2020 ‚Current status of Chemical Energy Storage Technologies‘ [Aktueller Stand der chemischen Energiespeichertechnologien], S. 63

https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC118776/current_status_of_chemical_energy_storage_technologies.pdf.

¹³⁸ Yoko-moto, K., Country Update: Japan, in 6th International Workshop on Hydrogen Infrastructure and Transportation [Länderupdate: Japan, 6. Internationaler Workshop über Wasserstoffinfrastruktur und -verkehr], 2018.

¹³⁹ Derzeit wird ein neuer Typ von Hochtemperatur-Elektrolyseuren mit einem sehr niedrigen TRL entwickelt: Protonen-Keramik-Elektrolyseure (PCEL) haben den möglichen Vorteil, im Gegensatz zu anderen Elektrolyseur-Technologien, reinen trockenen Druckwasserstoff bei maximalem Elektrolysedruck zu erzeugen.

¹⁴⁰ Die Elektrolyse ist ein oberflächenbasiertes Verfahren. Daher kann ein Upscaling eines Elektrolysestapels nicht von einem günstigen Oberflächen-zu-Volumen-Verhältnis wie bei volumenbasierten Verfahren profitieren. Bei ansonsten gleichbleibenden Bedingungen wird eine Verdoppelung oder Verdreifachung der Größe eines Elektrolysestapels die Investitionskosten fast verdoppeln oder verdreifachen, wobei das Scale-up nur begrenzte direkte Einsparungen ergibt. Aus diesem Grund ist die nach dem PEMEL-Ansatz zulässige erhöhte flächenbezogene Leistungsdichte von Bedeutung. Die Erzielung einer höheren Wasserstoffproduktion für eine gegebene Fläche des Elektrolyseurs reduziert die Kapitalkosten und den Gesamtfußabdruck der Anlage.

¹⁴¹ Hauptsächlich Platingruppenmetalle (PGMs), insbesondere Iridium.

Regel immer noch im Leistungsbereich von 100 kW, sie erfordern einen stetigen Betrieb und müssen an eine Wärmequelle gekoppelt werden¹⁴². Insgesamt befindet sich die SOEL noch in der Entwicklungsphase, auch wenn es bereits möglich ist, entsprechende Produkte zu bestellen.

Im Jahr 2019 waren in der EU rund 50 MW Wasserelektrolyse-Leistung installiert¹⁴³ (etwa 30 % AEL und 70 % PEMEL), davon befanden sich 2018 30 MW in Deutschland¹⁴⁴.

Die alkalische Elektrolyse (AEL) verfügt über keine kritischen Komponenten in ihrer Lieferkette. Dank technischer Ähnlichkeiten mit der Chloralkalielektrolyse, in der viel größere Anlagen eingesetzt werden, kann sie Technologie-Überschneidungen ausnutzen und von etablierten Wertschöpfungsketten profitieren¹⁴⁵. Bei der Polymer-Elektrolyt-Membran-Elektrolyse (PEMEL) und Feststoff-Oxid-Hochtemperatur-Elektrolyse (SOEL) kommen einige der Kosten- und Versorgungsrisiken der jeweiligen Brennstoffzellen-Wertschöpfungsketten zum Tragen¹⁴⁶. Dies gilt insbesondere für kritische Rohstoffe¹⁴⁷ im Fall der PEMEL und für seltene Erden im Falle der SOEL.

Die PEMEL muss korrosiven Umgebungen standhalten und erfordert daher teurere Materialien wie Titan für Bipolarplatten. Der Hauptbeitrag zu den Systemkosten ist der Elektrolysestapel (Stack)¹⁴⁸ (40-60 %), gefolgt von der Leistungselektronik (15-21 %). Die Schlüsselkomponenten, die die Stackkosten erhöhen, sind die Schichten von Membran-Elektroden-Einheiten (membrane electrode assembly, MEA), die Edelmetalle enthalten¹⁴⁹. Zellkomponenten aus Seltenerdmetallen, die für SOEL-Elektroden und Elektrolyte verwendet werden, tragen erheblich zu den Kosten für die Stacks bei. Schätzungen zufolge entfallen auf Stacks rund 35 % der Gesamtkosten des SOEL-Systems¹⁵⁰.

Globaler Markt: Europäische Unternehmen sind gut aufgestellt, um vom Marktwachstum zu profitieren. Die EU verfügt über Hersteller aller drei wichtigsten Elektrolysetechnologien¹⁵¹ und ist die einzige Region, die ein klar definiertes Marktprodukt für die Feststoff-Oxid-Hochtemperatur-Elektrolyse (SOEL) anbietet. Die

¹⁴² Ein vor Kurzem gestartetes europäisches Projekt¹⁴² zielt derzeit darauf ab, 2,5 MW in einem industriellen Umfeld zu installieren.

¹⁴³ <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a02a0c80-77b2-462e-a9d5-1099e0e572ce/IEA-Hydrogen-Project-Database.xlsx>

¹⁴⁴ <https://www.dwv-info.de/wp-content/uploads/2015/06/DVGW-2955-Brosch%C3%BCre-Wasserstoff-RZ-Screen.pdf>

¹⁴⁵ <https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/Evidence%20Report%20v4.pdf>

¹⁴⁶ <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC118394>

¹⁴⁷ Iridium ist derzeit nur für die PEM-Elektrolyse von entscheidender Bedeutung, nicht jedoch für Brennstoffzellensysteme. Da es sich um eines der seltensten Elemente der Erdkruste handelt, dürfte sich jede durch eine erhöhte zusätzliche Nachfrage verursachte Belastung stark auf die Verfügbarkeit und den Preis auswirken.

¹⁴⁸ Ein Stack ist die Gesamtheit aller Zellen.

¹⁴⁹ <https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/Evidence%20Report%20v4.pdf>

¹⁵⁰ https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/16014_h2_production_cost_solid_oxide_electrolysis.pdf

¹⁵¹ Die alkalische Elektrolyse (AEL) wird von neun Herstellern in der EU bereitgestellt (vier in Deutschland, zwei in Frankreich, zwei in Italien und einem in Dänemark), zwei in der Schweiz und einem in Norwegen, zwei in den USA, drei in China und drei in anderen Ländern (Kanada, Russland und Japan). Die Polymer-Elektrolyt-Membran-Elektrolyse (PEMEL) wird von sechs Anbietern in der EU (vier in Deutschland, einem in Frankreich und einem in Dänemark), einem Lieferanten aus dem Vereinigten Königreich und einem aus Norwegen, zwei Anbietern aus den USA und zwei Anbietern aus anderen Ländern bereitgestellt. Die Feststoff-Oxid-Hochtemperatur-Elektrolyse (SOEL) wird von zwei Anbietern aus der EU (Deutschland und Frankreich) bereitgestellt.

anderen Akteure befinden sich im Vereinigten Königreich, in Norwegen, der Schweiz, den USA, China, Kanada, Russland und Japan.

Der weltweite Umsatz mit Wasserelektrolyseanlagen wird derzeit auf 100 bis 150 Mio. EUR pro Jahr geschätzt. Schätzungen aus dem Jahr 2018 zufolge könnte die Wasserelektrolyseproduktion (weltweit) innerhalb sehr kurzer Zeit (ein bis zwei Jahre) eine Kapazität von 2 GW pro Jahr erreichen. Die europäischen Hersteller könnten etwa ein Drittel dieser weltweit gestiegenen Leistung liefern¹⁵².

Ziel der Wasserstoffstrategie der EU ist es, bis 2030 eine beträchtliche Leistung zur Erzeugung von Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen zu erreichen. Dies erfordert enorme Anstrengungen, um die derzeit installierte Wasserelektrolyseleistung von 50 MW bis 2030 auf 40 GW zu erhöhen, wobei die für eine nachhaltige Wertschöpfungskette in der EU erforderliche Leistung geschaffen werden muss. Diese Bemühungen sollten auf dem Innovationspotenzial aufbauen, das das gesamte Spektrum der Elektrolysetechnologien bietet, sowie auf der führenden Position, die EU-Unternehmen bei der Elektrolyse bei allen Technologieansätzen entlang der gesamten Wertschöpfungskette, von der Lieferung der Komponenten bis zur endgültigen Integrationsfähigkeit, einnehmen. Durch den Ausbau der industriellen Fertigung von Elektrolyseanlagen sind erhebliche Kostensenkungen zu erwarten.

3.5 Batterien

Batterien sind von erheblicher Bedeutung für den Übergang zu einer klimaneutralen Wirtschaft, die wir bis 2050 erreichen wollen, für die Einführung sauberer Mobilität und für Energiespeicherung, um die Integration eines wachsenden Anteils variabler erneuerbarer Energien zu ermöglichen. Diese Analyse konzentriert sich auf die Lithium-Ionen-Batterietechnologie. Dafür sprechen mehrere Gesichtspunkte:

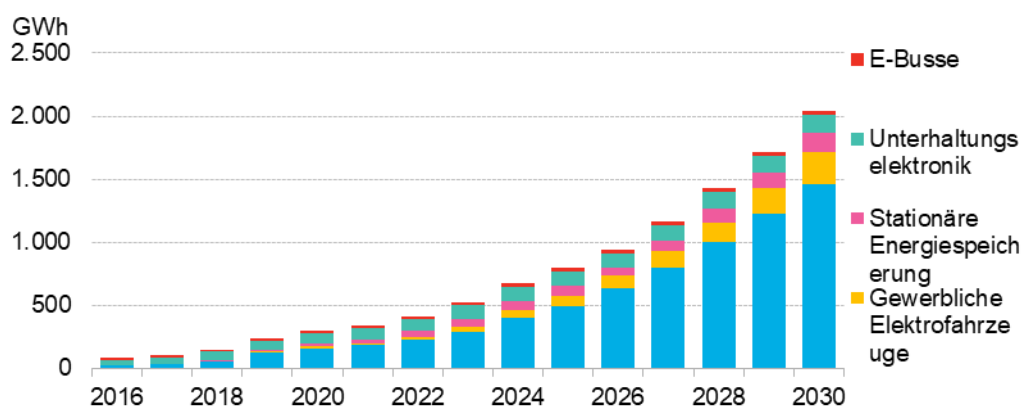
- der sehr fortgeschrittene Stand dieser Technologie und ihre Marktreife;
- der hohe Roundtrip-Wirkungsgrad;
- ihre erhebliche prognostizierte Nachfrage; und
- ihre erwartete breitere Nutzung, sei es in Elektrofahrzeugen, in künftigen Elektrofahrzeugen (Luft- und Wasserverkehr) oder in stationären und anderen industriellen Anwendungen, eröffnet beträchtliche Marktchancen.

Technologie: Die weltweite Nachfrage nach Li-Ionen-Batterien dürfte von rund 200 GWh im Jahr 2019 auf etwa 800 GWh im Jahr 2025 und über 2000 GWh bis 2030 steigen. Nach dem optimistischsten Szenario könnte sie bis zum Jahr 2040 4000 GWh erreichen¹⁵³.

¹⁵² https://www.now-gmbh.de/content/service/3-publikationen/1-nip-wasserstoff-und-brennstoffzellentechnologie/181204_bro_a4_indwede-studie_kurzfassung_en_v03.pdf

¹⁵³ Quelle: JRC-Bericht „Science for Policy“: TSIROPOULOS I., Tarvydas D., Lebedeva N., Li-ion batteries for mobility and stationary storage applications – Scenarios for cost and market growth, EUR 29440 EN, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, 2018, doi:10.2760/87175.

Abbildung 12 Historischer und prognostizierter jährlicher Li-Ionen-Batteriebedarf nach Verwendung



Quelle 12 Bloomberg Long-Term Energy Storage Outlook, 2019: Bloomberg NEF, Avicenne for consumer electronics

Das prognostizierte Wachstum, das hauptsächlich auf Elektrofahrzeugen (insbesondere Pkw) beruht, ergibt sich aus den erwarteten starken technologischen Verbesserungen und weiteren Kostensenkungen. Die Preise für Lithium-Ionen-Akkumulatoren, die 2010 über 1100 USD/kWh lagen, sind real um 87 % auf 156 USD/kWh im Jahr 2020 gesunken¹⁵⁴. Bis 2025 dürften die Durchschnittspreise nahe bei 100 USD/kWh liegen¹⁵⁵. Was die Leistung angeht, so hat die Energiedichte von Lithium-Ionen-Akkumulatoren in den letzten Jahren erheblich zugenommen und sich seit ihrer Vermarktung im Jahr 1991 verdreifacht¹⁵¹. Mit der neuen Generation von Lithium-Ionen-Batterien wird ein weiteres Optimierungspotenzial erwartet¹⁵⁶.

Wertschöpfungskette: Abbildung 14 zeigt die Wertschöpfungskette für Batterien zusammen mit der Position der EU in den verschiedenen Segmenten. Die EU-Industrie investiert in den Bergbau, die Herstellung und Verarbeitung von Rohstoffen und fortgeschrittenen Materialien (Materialien für Kathoden, Anoden und Elektrolyten) sowie in die moderne Zell-, Pack- und Batterieherstellung. Ziel ist es, durch Qualität, Umfang und insbesondere Nachhaltigkeit wettbewerbsfähiger zu werden.

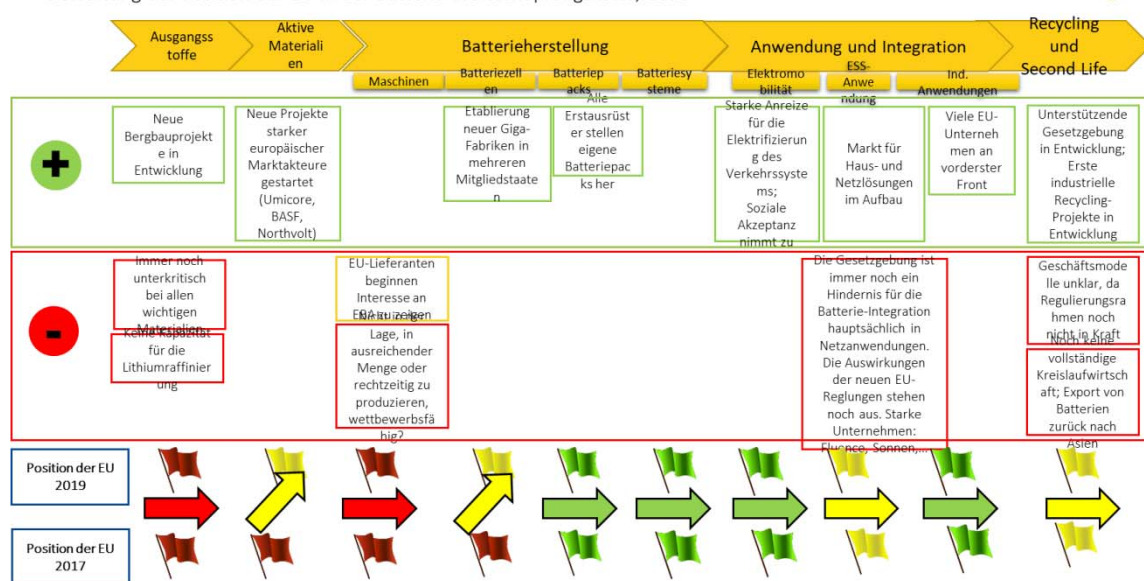
¹⁵⁴ L. Trahey, F.R. Brushetta, N.P. Balsara, G. Cedera, L. Chenga, Y.-M. Chianga, N.T. Hahn, B.J. Ingrama, S.D. Minter, J.S. Moore, K.T. Mueller, L.F. Nazar, K.A. Persson, D.J. Siegel, K. Xu, K.R. Zavadil, V. Srinivasan, and G.W. Crabtree, 'Energy storage emerging: A perspective from the Joint Center for Energy Storage Research', PNAS, 117 (2020) 12550–12557.

¹⁵⁵ BNEF 2019 Battery Price Survey

¹⁵⁶ Forthcoming JRC (2020) Technology Development Report LCEO: Battery storage.

Abbildung 13 Bewertung der Position der EU in der Batterie-Wertschöpfungskette, 2019

Bewertung der Position der EU in der Batterie-Wertschöpfungskette, 2019



Quelle 13 InnoEnergy (2019).

Globaler Markt: Der Weltmarkt für Lithium-Ionen-Batterien für Elektrofahrzeuge hat derzeit einen Wert von 15 Mrd. EUR pro Jahr (davon entfallen auf die EU 450 Mio. EUR/Jahr (2017)¹⁵⁷). Nach einer konservativen Schätzung wird sich der Markt auf 40-55 Mrd. EUR/Jahr im Jahr 2025 und 200 Mrd. EUR/Jahr im Jahr 2040 belaufen¹⁵⁸. Im Jahr 2018 verfügte die EU nur über rund 3 % der weltweiten Produktionskapazität für Lithium-Ionen-Zellen, während China etwa 66 % ausmachte¹⁵⁹. Die europäische Industrie wurde in den nachgelagerten, werteorientierten Segmenten wie der Herstellung und Integration von Batteriepacks sowie dem Recycling von Batterien als stark und in vorgelagerten kostenorientierten Segmenten wie der Herstellung von Werkstoffen, Bauteilen und Zellen als schwach wahrgenommen^{160,161}. Der Markt für Schiffsbatterien wächst und wird bis 2025 auf über 800 Mio. EUR pro Jahr geschätzt, mehr als die Hälfte in Europa. Es handelt sich um einen Technologiesektor, in dem Europa derzeit führend ist.¹⁶²

Angesichts der dringenden Notwendigkeit für die EU, die Wettbewerbsfähigkeit auf dem Batteriemarkt wiederherzustellen, hat die Kommission 2017 die Europäische Batterie-Allianz ins Leben gerufen und 2018 einen strategischen Aktionsplan für Batterien angenommen¹⁶³. Hierbei handelt es sich um einen umfassenden politischen Rahmen mit

¹⁵⁷ https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc114616_li-ion_batteries_two-pager_final.pdf

¹⁵⁸ Bloomberg Long Term Energy Storage Outlook 2019, S. 55-56.

¹⁵⁹ Fertigungskapazität; Bloomberg Long-Term Energy Storage Outlook, 2019, S. 55-56.

¹⁶⁰ JRC-Bericht „Science for Policy“: Steen M., Lebedeva N., Di Persio F., Boon-Brett L., EU Competitiveness in Advanced Li-ion Batteries for E-Mobility and Station Storage Applications – Opportunities and Actions, EUR 28837 EN, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, 2017 doi:10.2760/75757.

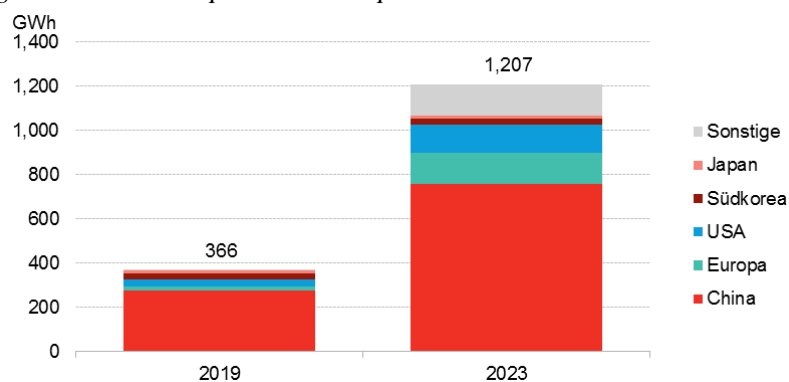
¹⁶¹ JRC-Bericht „Science for Policy“: Lebedeva, N., Di Persio, F., Boon-Brett, L., Lithium ion battery value chain and related opportunities for Europe, EUR 28534 EN [Lithium-Ion-Batterie-Wertschöpfungskette und damit verbundene Chancen für Europa], Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, 2016, doi:10.2760/6060.

¹⁶² <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/marine-battery-market-210222319.html>

¹⁶³ COM(2019) 176 final. Bericht der Kommission über die Umsetzung des strategischen Aktionsplans für Batterien: Aufbau einer strategischen Wertschöpfungskette für Batterien in Europa. <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2019/EN/COM-2019-176-F1-EN-MAIN-PART-1.PDF> Zu den Maßnahmen zählen a) die Stärkung des Programms „Horizont 2020“ durch zusätzliche Finanzmittel für die Batterieforschung, b) die Schaffung einer neuen Technologie- und Innovationsplattform für Forschung und Innovation, der ETIP „Batteries Europe“, um die Anstrengungen in Forschung, Entwicklung und Innovation auf

Regulierungs- und Finanzinstrumenten zur Unterstützung der Schaffung einer vollständigen Batteriewertschöpfungskette in Europa. Gleichzeitig beginnen große Batterie- und Batteriezellenhersteller mit dem Bau neuer Produktionsanlagen (z. B. Northvolt). Derzeit wurden Investitionen in bis zu 22 Batteriefabriken angekündigt (von denen einige im Bau sind), deren Leistung bis 2030 auf 500 GWh geschätzt wird¹⁶⁴.

Abbildung 14 Li-Ionen-Zellproduktionskapazität nach Standort der Produktionsanlage.



Quelle 14 BloombergNEF, 2019

Die EU verfügt über Stärken, auf denen sie aufbauen kann, um in der Batterieindustrie aufzuholen, insbesondere bei fortgeschrittenen Werkstoffen und Batteriechemie, sowie beim Recycling, wo die wegweisende EU-Gesetzgebung die Entwicklung einer gut strukturierten Industrie ermöglicht hat. Die Batterien-Richtlinie wird derzeit überarbeitet. Um jedoch einen beträchtlichen Marktanteil auf dem neuen und schnell wachsenden Markt für wieder aufladbare Batterien zu gewinnen, müssen über einen längeren Zeitraum nachhaltige Maßnahmen ergriffen werden, um mehr Investitionen in die Produktionskapazität zu gewährleisten. Dies muss durch Forschung und Innovation unterstützt werden, um die Leistung von Batterien zu verbessern und gleichzeitig sicherzustellen, dass sie den Qualitäts- und Sicherheitsstandards auf EU-Ebene entsprechen, und um die Verfügbarkeit von Rohstoffen und verarbeiteten Materialien sowie die Wiederverwendung oder das Recycling und die Nachhaltigkeit der gesamten Batterie-Wertschöpfungskette zu gewährleisten. Darüber hinaus bedarf es eines neuen umfassenden EU-Rechtsrahmens, in dem robuste Leistungs- und Nachhaltigkeitsstandards für in der EU in Verkehr gebrachte Batterien festgelegt werden. Dies wird der Branche helfen, im Einklang mit den Zielen des europäischen Grünen Deals Investitionen zu planen und hohe Nachhaltigkeitsstandards zu gewährleisten. Ein Vorschlag der Kommission wird in Kürze angenommen.

Während die Verbesserung der Position im Bereich der Lithium-Ionen-Technologie in den nächsten Jahrzehnten wahrscheinlich im Mittelpunkt des Interesses stehen wird, müssen auch andere neue und vielversprechende Batterietechnologien (wie All-Solid-State-Batterien, Post-Li-Ionen-Technologie und Redox-Flow-Technologie) untersucht

regionaler, nationaler und europäischer Ebene zu koordinieren, c) die Ausarbeitung spezifischer Instrumente für das nächste Forschungsrahmenprogramm „Horizont Europa“, d) die Ausarbeitung einer neuen Nachhaltigkeitsverordnung und e) die Förderung von Investitionen durch ein wichtiges Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse (IPCEI). Pressemitteilung IP/19/6705, „Staatliche Beihilfen: Staatliche Beihilfen: Kommission genehmigt öffentliche Förderung von 3,2 Mrd. EUR für paneuropäisches Forschungs- und Innovationsvorhaben von sieben Mitgliedstaaten zu allen Segmenten der Batterie-Wertschöpfungskette“, 9. Dezember 2019. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_19_6705.

¹⁶⁴ EBA 2020.

werden. Diese sind für Anwendungen wichtig, deren Anforderungen von der Li-Ion-Technologie nicht erfüllt werden können.

3.6 Intelligente Stromnetze

Die Elektrifizierung steigt in allen Szenarien bis 2050¹⁶⁵, weshalb ein intelligentes Stromsystem von entscheidender Bedeutung ist, wenn die EU ihre Ziele im Rahmen des Grünen Deals erreichen will. Ein intelligentes System ermöglicht eine effizientere Integration der steigenden Anteile der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen und der zunehmenden Zahl von Stromspeicherungs- und/oder -verbrauchseinrichtungen (z. B. Elektrofahrzeuge) in das Energiesystem. Gleiches gilt für die wachsende Zahl von Geräten, die mit Strom betrieben werden, wie z. B. Elektrofahrzeuge. Durch eine umfassende Kontrolle und Überwachung des Netzes schaffen intelligente Systeme auch einen Mehrwert, indem sie die Notwendigkeit von Abregelungen von Stromeinspeisungen („Curtailement“) aus erneuerbaren Energien verringern und wettbewerbsfähige und innovative Energiedienstleistungen für die Verbraucher ermöglichen. Nach Angaben der Internationalen Energieagentur (International Energy Agency, IEA) würden Investitionen in eine verbesserte Digitalisierung die Abregelungen von Stromeinspeisungen („Curtailement“) in Europa bis 2040 um 67 TWh verringern¹⁶⁶. Allein in Deutschland wurden 2019 6,48 TWh abgeregelt, während die Maßnahmen zur Netzstabilisierung 1,2 Mrd. EUR kosten¹⁶⁷. Solche Systeme müssen cybersicher sein, wofür sektorspezifische Maßnahmen erforderlich sind.¹⁶⁸

Bei den Investitionen in die digitale Netzinfrastruktur steht Hardware wie intelligente Zähler und Ladegeräte für Elektrofahrzeuge im Vordergrund. In Europa blieben die Investitionen 2019 mit fast 42 Mrd.¹⁶⁹ EUR stabil, wobei ein größerer Teil der Ausgaben für die Aufrüstung und Modernisierung der bestehenden Infrastruktur aufgewendet wurde.

Abbildung 15 (links) Globale Investitionen in intelligente Netze nach Technologiebereichen, 2014-2019¹⁷⁰ (Mrd. USD)

Abbildung 16 (rechts) Investitionen der europäischen ÜNB in intelligente Netze in den letzten Jahren nach Kategorie (2018)¹⁷¹

¹⁶⁵ „Der Anteil des Stroms an der Endenergienachfrage wird sich mindestens verdoppeln und auf 53 % steigen, und die Stromerzeugung wird erheblich zunehmen, um Netto-Null-Treibhausgasemissionen zu erreichen, und zwar je nach den für die Energiewende gewählten Optionen um das 2,5fache des heutigen Niveaus“, Mitteilung „A Clean Planet for all - A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy [Ein sauberer Planet für alle – Eine europäische strategische, langfristige Vision für eine wohlhabende, moderne, wettbewerbsfähige und klimaneutrale Wirtschaft], S. 9.

¹⁶⁶ Mit einer Laststeuerung von 22 TWh und der Speicherung von 45 TWh — <https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy>.

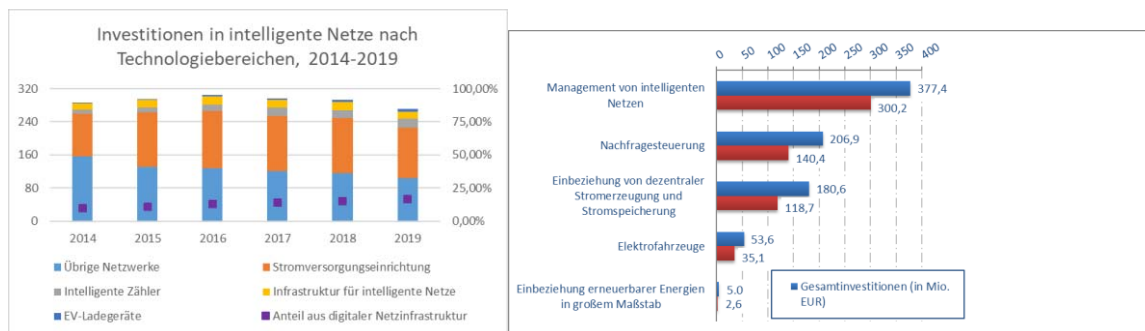
¹⁶⁷ Einschließlich der Kosten für Abregelung, Redispatch und Beschaffung von Reserveleistung. Diese Kosten sind in Deutschland höher als anderswo in Europa, geben aber dennoch einen guten Hinweis auf die Kosten der Abregelungen. Zahlen zu Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen - Gesamtjahr 2019, BNetzA, https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Netz_Systemsicherheit/Netz_Systemsicherheit_node.html, S. 3.

¹⁶⁸ Insbesondere Anforderungen in Echtzeit (z. B. ein Leistungsschalter muss innerhalb einiger Millisekunden reagieren), Kaskadeneffekte und die Mischung von herkömmlichen Technologien mit intelligenten/modernsten Technologien. Siehe die Empfehlung der Kommission zur Cybersicherheit im Energiesektor, C(2019) 2400 final.

¹⁶⁹ Quelle: 50 Mrd. USD; <https://www.iea.org/reports/tracking-power-2020>

¹⁷⁰ <https://www.iea.org/reports/tracking-energy-integration-2020/smart-grids>

¹⁷¹ <https://ses.jrc.ec.europa.eu/sites/ses.jrc.ec.europa.eu/files/publications/dsoobservatory2018.pdf>



Die wichtigste Quelle für FuI-Investitionen in intelligente Netze („Smart Grids“) auf EU-Ebene ist das EU-Programm „Horizont 2020“, aus dem zwischen 2014 und 2020 fast 1 Mrd. EUR bereitgestellt wurden. 100 Mio. EUR wurden in spezielle Digitalisierungsprojekte investiert, und viele andere Projekte im Bereich intelligente Netze stellen einen beträchtlichen Teil ihrer Mittel für die Digitalisierung bereit.¹⁷² Abbildung 16 zeigt, dass öffentliche Investitionen in intelligente Netze, auch im Rahmen von Horizont 2020, einen erheblichen Anteil an den Gesamtinvestitionen des Übertragungsnetzbetriebs (ÜNB) ausmachen. Bemerkenswert ist, dass die Mittel für Forschung und Innovation im Bereich ÜNB mit rund 0,5 % ihres Jahreshaushalts niedrig sind^{173,174}.

Mit der TEN-E-Verordnung werden auch Investitionen in intelligente Stromnetze als einer der 12 vorrangigen Bereiche gefördert, doch könnten Investitionen in (grenzüberschreitende) intelligente Netze von einer stärkeren Unterstützung durch die Regulierungsbehörden profitieren, indem sie in die nationalen Netzentwicklungspläne aufgenommen werden und für Finanzhilfen der EU in Form von Finanzhilfen für Studien und Arbeiten sowie innovative Finanzierungsinstrumente im Rahmen der Fazilität „Connecting Europe“ (CEF) infrage kommen. Von 2014 bis 2019 hat die CEF Finanzhilfen in Höhe von bis zu 134 Mio. EUR für verschiedene Projekte für intelligente Stromnetze in der gesamten EU bereitgestellt.

Die folgenden beiden Schlüsseltechnologien werden eingehender betrachtet: Hochspannungs-Gleichstromsysteme (HGÜ-Systeme) und digitale Lösungen für den Netzbetrieb und die Integration erneuerbarer Energien.

i) Hochspannungs-Gleichstromsysteme (HGÜ-Systeme)

Technologie: Die höhere Nachfrage nach kosteneffizienten Lösungen für den Transport von Elektrizität über große Entfernungen, insbesondere in der EU, um durch Offshore-Windenergie erzeugte Energie an Land zu bringen, steigert die Nachfrage nach HGÜ-Technologien. Guidehouse Insights zufolge wird der europäische Markt für HGÜ-Systeme von 1,54 Mrd. EUR im Jahr 2020 auf 2,74 Mrd. EUR im Jahr 2030 wachsen, was einer Wachstumsrate¹⁷⁵ von 6,1 % entspricht^{176,177}. Der Weltmarkt dürfte sich auf

¹⁷² Schätzungsweise handelt es sich um mindestens die Hälfte dieser Gesamtförderung für intelligente Netze im Rahmen von Horizont 2020.

¹⁷³ Dies wird durch die Zahlen zu den Teilmärkten untermauert, die in CETTIR (SWD(2020) 953) behandelt wurden, siehe Abschnitt 3.17.

¹⁷⁴ ENTSO-E FDI-Roadmap 2020-2030, Juli 2020, S. 25.

¹⁷⁵ Die Wachstumsraten in diesem Kapitel werden als durchschnittliche jährliche Wachstumsraten (Compound Annual Growth Rate, CAGR) angegeben.

¹⁷⁶ Guidehouse Insights (2020) Advanced Transmission & Distribution Technologies Overview. Abgerufen unter <https://guidehouseinsights.com/reports/advanced-transmission-and-distribution-technologies-overview>.

rund 12,5 Mrd. EUR (2020) belaufen, wobei die wichtigsten Investitionen in HGÜ-Anlagen in Asien getätigt werden, wo ein Großteil des Marktes von Ultra-HGÜ übernommen wird¹⁷⁸. HGÜ-Anlagen sind sehr kostspielig, und Projekte zum Bau von HGÜ-Verbindungen sind daher sehr teuer. Angesichts der technischen Komplexität von HGÜ-Systemen wird deren Installation im Allgemeinen von den Herstellern durchgeführt¹⁷⁹.

Analyse der Wertschöpfungskette: Die Wertschöpfungskette für HGÜ-Netze lässt sich entlang der verschiedenen Hardware-Komponenten unterteilen, die für die Realisierung einer HGÜ-Verbindung erforderlich sind¹⁸⁰. Die Kosten für HGÜ-Systeme entstehen hauptsächlich durch Stromrichter (Konverter) (ca. 32 %) und Kabel (ca. 30 %).¹⁸¹ In der Wertschöpfungskette der Stromrichterstationen spielt die Leistungselektronik¹⁸² eine Schlüsselrolle bei der Bestimmung des Wirkungsgrads und der Größe der Anlagen. Energiespezifische Anwendungen machen nur einen kleinen Teil des globalen Marktes für Elektronikkomponenten aus¹⁸³, aber Offshore-Netze und Windkraftanlagen hängen von ihrem guten Funktionieren unter Offshore-Bedingungen ab. Die Full-Investitionen in HGÜ-Technologien erfolgen überwiegend privat. Die öffentliche Finanzierung auf EU-Ebene im Rahmen des Programms „Horizont 2020“ ist bescheiden, wurde jedoch durch das kürzlich abgeschlossene Horizon2020-Projekt PROMOTioN (Progress on Meshed HVDC Offshore Transmission Networks) gestärkt¹⁸⁴.

Globaler Markt: Auf dem globalen HGÜ-Markt sind drei Unternehmen führend, nämlich Hitachi ABB Power Grids, Siemens und GE.¹⁸⁵ Siemens und Hitachi ABB Power Grids machen in den meisten Marktsegmenten rund 50 % des Marktes aus, während

¹⁷⁷ In den EU-Energiemodellen (z. B. Primes) werden HGÜ-Systeme nicht separat modelliert, sodass keine längerfristigen Zahlen verfügbar sind. Der HGÜ-Markt dürfte jedoch insbesondere angesichts des Wachstums des Offshore-Energiemarktes kontinuierlich wachsen.

¹⁷⁸ UHGÜ wird in der EU nicht angewendet. Diese Technologie eignet sich besonders für den Transport von Strom über sehr große Entfernungen, was in der EU weniger wichtig ist. UHGÜ ist auch in der EU weniger attraktiv, da die Genehmigung schwieriger ist, z. B. weil die Kabletürme höher sind als die normalen Hochspannungs-Übertragungskabletürme. Der Weltmarkt für UHGÜ wird auf 6,5 Mrd. EUR geschätzt, die Technologie wird vor allem in China angewendet.

¹⁷⁹ Zum Vergleich werden schlüsselfertige HFÜ-Systeme häufig von Ingenieur-, Beschaffungs- und Baufirmen geliefert.

¹⁸⁰ Zu den wichtigsten Komponenten der Stromrichterstation gehören Transformatoren, Stromrichter (Konverter), Lasttrennschalter und Leistungselektronik, die für die Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom und umgekehrt verwendet werden. Netzgeführte HGÜ (*Line Commutated Converter (LCC)* oder *Current Source Converter (CSC)*), und selbstgeführte HGÜ (*Voltage Source Converter, VSC*) sind die wichtigsten kommerziellen HGÜ-Stromrichtertechnologien. Sowohl LCC- als auch VSC-Stationen sind komplexer und teurer als HGÜ-Unterstationen¹⁸⁰. Trotz der Integration gemeinsamer Technologien sind HGÜ-Transformatoren und Stromrichterstationen nicht standardisiert, und Auslegung und Kosten hängen in hohem Maße von lokalen Projektspezifikationen ab.

¹⁸¹ In der EU sind die Kosten für Kabel in der Regel höher: Bericht von ASSET zur Wettbewerbsfähigkeit für die Europäische Kommission.

¹⁸² Die Leistungselektronik ist eine wesentliche Technologie zur Integration der Erzeugung und des Verbrauchs von Gleichstrom, die in vielen Teilen des (künftigen) Energiesystems verwendet wird, wie Photovoltaikanlagen, Windräder, Batterien und HGÜ-Stromrichter. Die Technologie der Leistungselektronik beruht auf der Halbleitertechnik und ermöglicht die Steuerung von Spannung oder Strom, z. B. für die Netzverwaltung und die Stromumwandlung zwischen Wechselstrom und Gleichstrom. Sie könnte daher in vielen Teilen dieses Berichts behandelt werden, aber wegen der besonderen Herausforderungen im Zusammenhang mit Offshore-Windenergie und Offshore-Netzen wird sie hier angesprochen.

¹⁸³ Der Gesamtmarkt für Leistungselektronik, d. h. passive, aktive und elektromechanische Bauteile, wurde 2019 auf 316 Mrd. EUR geschätzt: Globaler Marktanteil aktiver Elektronikkomponenten nach Endnutzern, 2018. www.grandviewresearch.com

¹⁸⁴ <https://www.promotion-offshore.net/>

¹⁸⁵ Guidehouse Insights (2020) *Advanced Transmission & Distribution Technologies Overview*. Abgerufen unter <https://guidehouseinsights.com/reports/advanced-transmission-and-distribution-technologies-overview>.

Kabelunternehmen¹⁸⁶ rund 70 % des Marktes in der EU ausmachen. Die wichtigsten Konkurrenten sind japanische Unternehmen. In China beherrscht ein weiterer Anbieter, China XD Group, den Markt.

Bisher haben die Anbieter schlüsselfertige Systeme unabhängig verkauft, da sie als Punkt-zu-Punkt-HGÜ-Leitungen installiert wurden. In dem stärker vernetzten Offshore-Netz der Zukunft müssen HGÜ-Systeme verschiedener Hersteller miteinander verbunden werden. Dies bringt technische Herausforderungen für die Aufrechterhaltung der Netzregelung¹⁸⁷ und insbesondere die Gewährleistung der Interoperabilität von HGÜ-Ausrüstung und -Systemen mit sich. Da zudem alle Komponenten auf Offshore-Plattformen installiert werden müssen, ist es wichtig, ihre Größe zu verringern, und es müssen leistungselektronische Lösungen speziell für Offshore-Energieanwendungen entwickelt werden.

ii) Digitale Lösungen für den Netzbetrieb und die Integration erneuerbarer Energien

Technologie und Wertschöpfungskette: Der Markt für Netzmanagementtechnologien wird voraussichtlich sehr rasch wachsen. Die Internationale Energie-Agentur IEA schätzt die potenziellen Einsparungen durch diese Technologien weltweit auf fast 20 Mrd. USD durch die Senkung der Betriebs- und Wartungskosten und fast 20 Mrd. USD durch vermiedene Netzinvestitionen¹⁸⁸. Der Markt besteht aus verschiedenen Technologien und Diensten in einer schwer zu trennenden Wertschöpfungskette, bei denen es zu Integration zu kommen scheint, da der Bedarf an integrierten Lösungen zur Steuerung von Speicherung, Laststeuerung, dezentralen erneuerbaren Energien und des Netzes selbst zunimmt. In diesem Bericht werden zwei Aspekte hervorgehoben.

Software- und datenbasierte Energiedienstleistungen, die für die Optimierung der Integration erneuerbarer Energien, auch auf lokaler Ebene, durch Fernsteuerung verschiedener Technologien, insbesondere in den Bereichen erneuerbare Energien und virtuelle Kraftwerke (VPP), von entscheidender Bedeutung sind.¹⁸⁹ Es handelt sich um einen rasch wachsenden Markt, der voraussichtlich von 200 Mio. EUR (weltweit¹⁹⁰) im Jahr 2020 auf 1 Mrd. EUR im Jahr 2030 ansteigen wird^{191,192}. Er bildet die Grundlage für eine neue Branche, die Energiedienstleistungen für Energieunternehmen (einschließlich Netzbetreiber) sowie für gewerbliche und private Energieverbraucher erbringt. Dank des Anstiegs des Anteils erneuerbarer Energien und einer marktstützenden Politik war Europa die treibende Kraft hinter den Märkten für virtuelle Kraftwerke, da sie für fast 45 % der weltweiten Investitionen im Jahr 2020 verantwortlich zeichnet. Die meisten

¹⁸⁶ Prysmian, Nexans und NKT Cables sind die drei größten europäischen Kabelunternehmen.

¹⁸⁷ Zu den Schlüsseltechnologien in diesem Bereich gehören netzbildende Stromrichter und Gleichstrom-Lasttrennschalter.

¹⁸⁸ <https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy>

¹⁸⁹ Dazu gehören Managementsysteme für dezentrale Energieressourcen (DERMS), virtuelle Kraftwerke (VPP) und die Analyse dezentraler Energieressourcen (DER-Analytics)

¹⁹⁰ Zahlen für die EU liegen leider nicht vor.

¹⁹¹ Bericht von ASSET zur Wettbewerbsfähigkeit für die Europäische Kommission - Kapitel 10.3.2 Netzmanagement (Digitale Technologien).

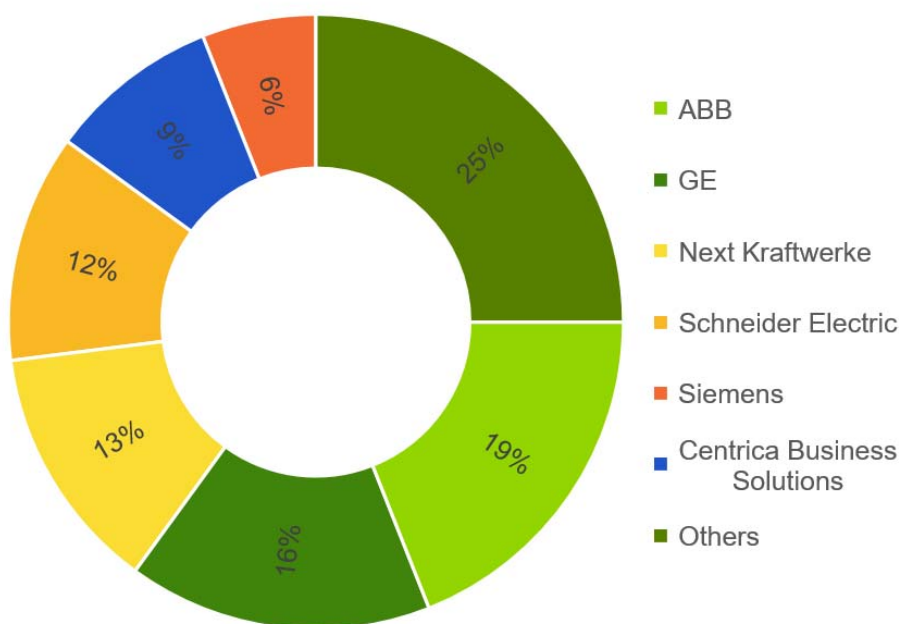
¹⁹² Dies sind beträchtliche Märkte, wie ein Vergleich mit etablierten Märkten wie dem Markt für Gebäude- und Energiemanagement (BEMS) der EU mit einem Volumen von 1,2 Mrd. EUR im Jahr 2020 deutlich macht (Quelle: Bericht von ASSET zur Wettbewerbsfähigkeit für die Europäische Kommission). Im Bericht zum Übergang zu sauberer Energie – Technologien und Innovationen (CETTIR) (SWD(2020) 953), Abschnitt 3.17.4 wird diese Technologie zusammen mit dem Energiemanagementsystem für Haushalte (HEMS) und dem Markt für Energieaggregatoren beschrieben. Eine allmähliche Integration dieser Märkte mit den hier beschriebenen Märkten könnte auch zu erwarten sein.

davon wurden in Nordwesteuropa getätigt, einschließlich den nordischen Ländern. In Europa wird Deutschland Prognosen zufolge bis 2028 etwa ein Drittel der jährlichen Kapazität des gesamten VPP-Marktes erschließen.

Digitale Technologien zur Verbesserung des Netzbetriebs und der Netzwartung, dabei handelt es sich um einen Markt, der sich insbesondere auf Netzbetreiber konzentriert. Dies ist auch ein wachsender Markt, der in der EU bis 2030 voraussichtlich 0,2 Mrd. EUR bei Softwareplattformen für prädiktive Wartung und 1,2 Mrd. EUR bei Sensoren für das Internet der Dinge (IoT) erreichen wird. Der IoT-Markt dürfte zwischen 2020 und 2030 um 8,8 % wachsen.

Globaler Markt: Die EU hat in beiden Bereichen eine starke Position inne. Viele der weltweit tätigen Unternehmen sind aus Europa (Schneider Electric SE und Siemens). Die stärkste Konkurrenz kommt von US-Unternehmen, darunter mehrere innovative Start-ups. Der Markt für Sensoren und Überwachungsgeräte für Hardware für das Internet of Things (IOT) besteht aus mehreren großen Marktteilnehmern mit großen Portfolios und Dutzenden mittelständischen und kleinen Unternehmen auf Nischenmärkten. Eine Handvoll weltweit tätiger Unternehmen (Hitachi ABB¹⁹³, IBM, Schneider Electric SE, Oracle, GE, Siemens und C3.ai) dominieren den Markt für Softwarelösungen, auf dem neue Anbieter nur schwer Fuß fassen können. Abbildung 17 zeigt den globalen Markt für digitale Dienste.

Abbildung 17: Wichtigste Marktakteure und Marktanteil bei digitalen Diensten, Global, 2020



Quelle 15 ASSET-Studie zur Wettbewerbsfähigkeit

Mehrere Öl- und Gasanbieter und andere Energieversorger tätigen strategische Investitionen in Netzmanagementtechnologien, insbesondere in Dienstleistungen, und haben in kleinere Start-ups auf den europäischen und US-Märkten investiert oder diese

¹⁹³ Die Folgen der Veräußerung von ABB an Hitachi (<https://new.abb.com/news/detail/64657/abb-completes-divestment-of-power-grids-to-hitachi>) müssen noch eingehender analysiert werden.

erworben. Shell und Eneco haben in die deutschen Unternehmen Sonnen¹⁹⁴ bzw. Next Kraftwerke investiert und Engie hat in die britische Kiwi Power investiert¹⁹⁶. Dieser Trend scheint durch die Tatsache bestätigt zu werden, dass von 200 jüngeren Unternehmen, in die Erdöl- und Erdgasunternehmen investiert haben, 65 im Bereich der Digitalisierung angesiedelt waren, d. h. dem dritten Sektor nach vorgelagerten konventionellen Unternehmungen und erneuerbaren Energien¹⁹⁷.

Während Software-Plattformen allmählich zur Reife gelangen, treiben die Anwendungen für digitale Technologien zur Bereitstellung von Netzdiensten nach wie vor Innovationen im Marktbereich voran. Das Datenvolumen ist im Vergleich zu anderen Sektoren relativ gering, sodass die Innovationsherausforderung weder die Datenmengen noch die Datenanalysetechnologien betrifft¹⁹⁸. Die eigentliche Herausforderung ist die Verfügbarkeit und der Zugang zu verschiedenen und verteilten Datenquellen, damit die Softwareanbieter ihren Kunden eine integrierte Lösung anbieten können. Marktweite interoperable Plattformen für einen einfachen Datenzugang und einen einfachen Datenaustausch sind daher von entscheidender Bedeutung.

3.7 Weitere Erkenntnisse zu anderen sauberen und kohlenstoffarmen Energietechnologien und -lösungen

Wie in der beigefügten Arbeitsunterlage der Kommissionsdienststellen dargelegt, verfügt die EU bei **Onshore-Wind- und Wasserkrafttechnologien** über eine starke Wettbewerbsposition. Bei Onshore-Windkraftanlagen bieten die große Marktgröße¹⁹⁹ und die steigende Kapazität außerhalb Europas vielversprechende Aussichten für eine relativ gut positionierte EU-Industrie in der Windwertschöpfungskette²⁰⁰. Ebenso sind für den Bereich der **Wasserkraft** die Bedeutung des Marktes²⁰¹ und der Bedeutung der EU bei weltweiten Ausfuhren (48 %) Schlüsselemente für eine wettbewerbsfähige Industrie. Doch für beide Technologien besteht eine zentrale Herausforderung darin, bei der Forschung Schwerpunkte zu setzen und die Chance zu nutzen, die sich durch das Repowering/die Sanierung älterer Anlagen ergibt, um ihre gesellschaftliche Akzeptanz zu erhöhen und ihren ökologischen Fußabdruck zu verringern. Bei **erneuerbaren Kraftstoffen** geht es vor allem darum, von den Brennstoffen der ersten²⁰² auf die zweite und die dritte Generation umzustellen, um die Nachhaltigkeit der Ausgangsstoffe zu erhöhen und ihre Verwendung zu optimieren. Daher ist es wichtig, die Expansions- und Demonstrationsprojekte weiter voranzubringen.

Auf den Märkten für **Geothermie** (ein Markt von ca. 1 Mrd. EUR) und **Solarthermie** (ein Markt von ca. 3 Mrd. EUR) besteht die Herausforderung darin, zur Erhöhung des Marktanteils der EU den Einsatz in bestehenden und neuen Wärmeanwendungen sowohl

¹⁹⁴ Shell hält 100 % der Anteile an Sonnen <https://www.shell.com/media/news-and-media-releases/2019/smart-energy-storage-systems.html>, 15. Februar 2019.

¹⁹⁵ Eneco hält eine Minderheitsbeteiligung von 34 %: <https://www.next-kraftwerke.com/news/eneco-group-invests-in-next-kraftwerke>, 8. Mai 2017.

¹⁹⁶ Engie hält knapp 50 % der Anteile, ist aber der größte Anteilseigner: <https://theenergyst.com/engie-acquires-dsr-aggregator-kiwi-power/>, 26. November 2018.

¹⁹⁷ The Energy Transition and Oil Companies' Hard Choices – Oxford Institute for Energy Studies [Die Energiewende und die harten Entscheidungen der Ölgesellschaften - Oxford Institute for Energy Studies], Juli 2019; Rob West, Founder, Thundersaid Energy & Research Associate, OIES and Bassam Fattouh, Director, OIES, S. 6.

¹⁹⁸ Weitere Informationen siehe CETTIR (SWD(2020) 953) Abschnitt 3.17.

¹⁹⁹ Einnahmen der Windenergiebranche in der EU im Jahr 2019: 86,1 Mrd. EUR.

²⁰⁰ Auf die europäischen Hersteller entfallen rund 35 %; Auf chinesische Hersteller entfallen fast 50 %.

²⁰¹ Derzeitiger Markt der EU-28: 25 Mrd. EUR.

²⁰² Der Umsatz der Biokraftstoffindustrie in der EU-27 belief sich 2017 auf 14 Mrd. EUR – dabei handelt es sich überwiegend um Biokraftstoffe der ersten Generation.

für Gebäude (insbesondere für Erdwärme) als auch für die Industrie (insbesondere für Solarwärme) weiter voranzutreiben und das Innovationspotenzial für die Integration dieser Technologien in größerem Maßstab weiter voranzubringen. Die Entwicklung von Technologien zur **Kohlenstoffabscheidung und -speicherung** (CCS) wird derzeit durch das Fehlen tragfähiger Geschäftsmodelle und Märkte behindert. Im Bereich der **Kernenergietechnologien** sind die EU-Unternehmen in der gesamten Wertschöpfungskette wettbewerbsfähig. Derzeit liegt der Schwerpunkt der Wettbewerbsfähigkeit auf der termingerechten Entwicklung und Konstruktion sowie auf der Gewährleistung der Sicherheit für den gesamten Lebenszyklus kerntechnischer Anlagen, unter besonderer Berücksichtigung der Entsorgung der radioaktiven Abfälle und der Entsorgung stillgelegter Anlagen. Technologische Innovationen wie Small Modular Reactors (auf Deutsch etwa „Kleine modulare Reaktoren“) werden entwickelt, um die Wettbewerbsfähigkeit der EU im Bereich der Kernenergie zu erhalten.

Ein Schlüsselsektor zur Senkung des Energieverbrauchs sind **Gebäude**, auf die 40 % des Energieverbrauchs in der EU entfallen. Die EU hat eine starke Position in bestimmten Bereichen²⁰³ wie vorgefertigte Gebäudekomponenten²⁰⁴, Fernwärmesysteme, Wärmepumpentechnologien und Energiemanagementsysteme für Wohngebäude/Gebäude (HEMS/BEMS). In der energieeffizienten Beleuchtungsindustrie²⁰⁵ hat die EU eine lange Tradition im Bereich der Entwicklung und Lieferung innovativer und hocheffizienter Beleuchtungssysteme. Die Herausforderung für die Wettbewerbsfähigkeit liegt in der Großserienproduktion, die für die Solid-State Lighting (SSL)-Produkte möglich ist. Asiatische Lieferanten befinden sich in einer günstigeren Position, da sie bis zu einer wesentlich höheren Kapazität expandieren können (Skaleneffekte bzw. Kostenersparnis durch Massenproduktion). Dagegen sind hohe Kompetenzen in innovativem Design und neuen Ansätzen traditionelle Eigenschaften des europäischen Industriesektors.

Schließlich geht es bei der Energiewende nicht nur um Technologien, sondern auch um die Integration dieser Technologien in das System. Um auf dem Weg zu einer Netto-Null-Wirtschaft und -Gesellschaft erfolgreich zu sein, müssen die **Bürgerinnen und Bürger** in den Mittelpunkt aller Initiativen²⁰⁶ gestellt werden. Dabei sind die wichtigsten Motivationsfaktoren und -strategien zu deren Einbeziehung eingehend zu prüfen und der Energieverbraucher muss in einen breiteren sozialen Kontext gestellt werden. Der derzeitige Rechtsrahmen auf EU-Ebene bietet den Energieverbrauchern und den Bürgern eine klare Chance, die Führung zu übernehmen und eindeutig von der Energiewende zu profitieren. Ausgehend von den beobachteten Urbanisierungstrends können **Städte** eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung eines ganzheitlichen und integrierten Ansatzes²⁰⁷ für

²⁰³ Aufgrund begrenzter Datenverfügbarkeit wurden nicht alle Sektoren in diesem ersten Bericht behandelt. Zu den wichtigsten Sektoren gehören die Gebäudehülle und die Bautechniken/Modellierung/Auslegung.

²⁰⁴ Das Produktionsvolumen der EU-28 stieg von 31,85 Mrd. EUR (2009) auf 44,38 Mrd. EUR (2018). Im selben Zeitraum stiegen die Ausfuhren der EU-28 in die übrige Welt von 0,83 Mrd. EUR auf 1,88 Mrd. EUR. Andererseits blieben die Importe relativ stabil bei rund 0,18 Mrd. EUR im Jahr 2009 auf 0,26 Mrd. EUR im Jahr 2018, mit einem Tiefstand von 0,15 Mrd. EUR im Zeitraum 2012-13.

²⁰⁵ Der europäische Beleuchtungsmarkt wird voraussichtlich von 16,3 Mrd. EUR im Jahr 2012 auf 19,8 Mrd. EUR im Jahr 2020 wachsen — CBI Ministry of Foreign Affairs, Electronic Lighting in the Netherlands, 2014.

²⁰⁶ Die Strategien zur Einbeziehung müssen sowohl auf den Einzelnen als auch auf die Gemeinschaft als Ganzes ausgerichtet sein. Sie dürfen dabei nicht nur auf die Schaffung wirtschaftlicher Anreize abzielen, sondern müssen auch die Änderung individueller Verhaltensweisen im Blick haben, die auf nichtwirtschaftliche Faktoren ausgerichtet sind, wie z. B. durch die Bereitstellung von Rückmeldungen zum Energieverbrauch, die an soziale Normen appellieren.

²⁰⁷ Einschließlich Technologien, ganzheitlicher Stadtplanung, einer Kombination großer öffentlicher und privater Investitionen und der Zusammenarbeit zwischen politischen Entscheidungsträgern, Wirtschaftsakteuren und Bürgern.

die Energiewende und deren Verknüpfung mit anderen Sektoren wie Mobilität, IKT und Abfall- oder Wasserwirtschaft spielen. Dies wiederum erfordert Forschung und Innovation auf dem Gebiet der Technologien sowie der Prozesse, des Wissens und des Kapazitätsaufbaus unter Einbeziehung von städtischen Behörden, Unternehmen und Bürgern.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Dieser Bericht zeigt insbesondere das wirtschaftliche Potenzial des Bereichs saubere Energie. Dies wird auch durch die jüngste Folgenabschätzung des Klimazielplans 2030 untermauert²⁰⁸. Damit wird das Argument gestärkt, dass der europäische Grüne Deal ein klares Potenzial hat, über den Energiesektor zur Wachstumsstrategie der EU zu werden. Diese Analyse zeigt, dass der Bereich saubere Energietechnologien bessere Leistungen bringt als die konventionellen Energiequellen und mehr Wertschöpfung, Beschäftigung und produktive Arbeit schafft. Im Einklang mit der gestiegenen Nachfrage nach sauberen Technologien gewinnt der Bereich saubere Energie in der Wirtschaft der EU an Bedeutung.

Gleichzeitig gehen die öffentlichen und privaten Investitionen in saubere Energie (Forschung und Innovation) zurück, wodurch die Entwicklung von Schlüsseltechnologien gefährdet wird, die für die Dekarbonisierung der Wirtschaft und die Verwirklichung der ehrgeizigen Ziele des europäischen Grünen Deals erforderlich sind. Dieser Rückgang würde sich auch negativ auf das bisher beobachtete Wirtschafts- und Beschäftigungswachstum auswirken. Darüber hinaus investiert der Energiesektor im Vergleich zu anderen Sektoren nicht viel in Forschung und Innovation, und innerhalb der Energiewirtschaft sind es vor allem die Öl- und Gasunternehmen, die in Forschung und Innovation investieren. Obwohl es positive Anzeichen gibt, investieren Erdöl- und Erdgasunternehmen zunehmend in saubere Energietechnologien (z. B. Wind, Photovoltaik, Digitalisierung), doch machen diese Technologien nach wie vor nur einen geringen Teil ihrer Tätigkeiten aus.

Dieser Kurs reicht nicht aus, um die EU zum ersten klimaneutralen Kontinent zu machen und bei der weltweiten Energiewende die Führung zu übernehmen. Die öffentlichen und privaten FuI-Investitionen müssen erheblich aufgestockt werden, um die EU auf ihrem Pfad zur Dekarbonisierung zu halten. Die anstehenden Investitionen in den wirtschaftlichen Wiederaufbau werden hierfür eine besonders gute Gelegenheit bieten. Auf nationaler Ebene wird die Kommission die Mitgliedstaaten dazu anhalten, die Festlegung nationaler Ziele für FuI-Investitionen zur Förderung sauberer Energietechnologien als Teil der allgemeinen Forderung nach verstärkten öffentlichen Investitionen im Bereich der Forschung und Innovation in Klimaschutzzielen in Erwägung zu ziehen. Die Kommission wird auch mit der Privatwirtschaft zusammenarbeiten, um ihre FuI-Investitionen zu erhöhen.

Zweitens haben die EU-Ziele für die Senkung der CO₂-Emissionen, erneuerbare Energien und Energieeffizienz Investitionen in neue Technologien und Innovationen ausgelöst, die zu weltweit wettbewerbsfähigen Industriezweigen geführt haben. Dies zeigt, dass ein starker Binnenmarkt ein Schlüsselfaktor für die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie im Bereich saubere Energietechnologien ist und dass er Investitionen in Forschung und Innovation vorantreiben wird. Die wichtigsten Merkmale des

²⁰⁸ COM(2020) 562 final.

Energiemarkts (insbesondere die hohe Kapitalintensität, lange Investitionszyklen, neue Marktdynamik in Verbindung mit einer niedrigen Kapitalrendite) erschweren es jedoch, ausreichende Investitionen in diesen Sektor zu mobilisieren, was seine Innovationsfähigkeit beeinträchtigt.

Die Erfahrung mit der Photovoltaikherstellung in der EU zeigt, dass ein starker Binnenmarkt allein nicht ausreicht. Neben der Festlegung von Zielen für die Schaffung der Nachfrage nach neuen Technologien müssen Maßnahmen ergriffen werden, um die Fähigkeit der EU-Industrie zu unterstützen, auf diese Nachfrage zu reagieren. Dazu gehört auch die Entwicklung industrieller Kooperationsplattformen für bestimmte Technologien (z. B. für Batterien und Wasserstoff). Weitere Maßnahmen dieser Art können für andere Technologien in Zusammenarbeit mit den Mitgliedstaaten und der Industrie erforderlich sein.

Drittens lassen sich spezifische Schlussfolgerungen aus den sechs analysierten Technologien ziehen, die im Energiemix der EU für 2030 und 2050 voraussichtlich eine immer wichtigere Rolle spielen werden. In der Photovoltaikindustrie gibt es beträchtliche Marktchancen in den Segmenten der Wertschöpfungskette, in denen Spezialisierungen oder Hochleistungs-/Hochwertprodukte von entscheidender Bedeutung sind. In ähnlicher Weise ergänzt bei Batterien die derzeitige wettbewerbsfähige wirtschaftliche Erholung der EU im Segment der Herstellung von Zellen durch Initiativen wie die Europäische Batterie-Allianz die etablierte Position der europäischen Industrie in den nachgelagerten, wertorientierten Segmenten wie Batterieherstellung und -integration sowie Batterierecycling. Angesichts der prognostizierten Nachfrage, der Modularität und des Spillover-Potenzials (z. B. Integration der Photovoltaik in Gebäude, Fahrzeuge oder andere Infrastrukturen) ist es von entscheidender Bedeutung, bei beiden Technologien wieder einen Wettbewerbsvorteil zu erlangen.

In der Meeresenergie, erneuerbarem Wasserstoff und in der Windkraft hat die EU derzeit einen Initiatorvorteil am Markt. Die erwartete mehrfache Erhöhung der Leistung der Märkte deutet jedoch darauf hin, dass sich die Struktur der Branche unweigerlich ändern wird: Das Fachwissen muss in allen Unternehmen gebündelt werden, und die Mitgliedstaaten und die Privatwirtschaft müssen ihre Wertschöpfungsketten umstrukturieren und bündeln, um die erforderlichen Skaleneffekte und positive Spillover-Effekte zu erzielen. So bietet beispielsweise die derzeitige führende Position der EU auf dem Elektrolysemarkt entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der Komponentenlieferung bis hin zur endgültigen Integration ein erhebliches Spillover-Potenzial zwischen Batterien, Elektrolyseuren und Brennstoffzellen. Die angekündigte Europäische Allianz für sauberen Wasserstoff wird Europas weltweite Führungsrolle in diesem Bereich weiter stärken. Im Bereich der Meeresenergie müssen Technologien noch kommerziell tragfähig werden, und es müssen Förderregelungen festgelegt werden, um die derzeitige Führungsposition der EU zu erhalten und auszubauen.

Die Offshore-Windenergiebranche mit ihren etablierten innovativen Kapazitäten, die die Grenzen der Technologie verschieben (z. B. schwimmende Offshore-Windparks), benötigt die Perspektive eines wachsenden heimischen Marktes sowie einer nachhaltigen FuI-Finanzierung, um vom Wachstum auf den globalen Märkten profitieren zu können. Auch die Industrie intelligenter Netze und HGÜ-Systeme in der EU funktioniert gut, und obwohl es sich um einen kleinen Markt im Vergleich zu Wind- oder Photovoltaikanlagen handelt, ist dies wichtig, da er für alles, das an das Netz angeschlossen ist, einen Mehrwert schafft. Angesichts der Tatsache, dass diese Branche reguliert ist, spielen

Regierungen und Regulierungsbehörden in der EU eine Schlüsselrolle bei der Nutzung der Vorteile dieser Branche.

Viertens verlagert ein Schritt hin zu sauberen Technologien auch die Importabhängigkeit der EU von fossilen Brennstoffen hin zu einer zunehmenden Nutzung kritischer Rohstoffe in Energietechnologien. In diesem Fall ist die Abhängigkeit jedoch weniger direkt als bei fossilen Brennstoffen, da diese Materialien aufgrund von Wiederverwendung und Recycling im Wirtschaftskreislauf verbleiben. Dies kann die Resilienz der Lieferketten für saubere Energietechnologien verbessern und damit die offene strategische Autonomie der EU stärken. Es besteht ein klarer Bedarf an FuI-Investitionen, um die Komponenten der sauberen Energietechnologie so zu gestalten, dass sie besser wiederverwendet und recycelt werden können, damit die Materialien so lange wie möglich mit einem möglichst hohen Wert/einer möglichst hohen Leistung im Wirtschaftskreislauf verbleiben. Im Zusammenhang mit der weiteren Annäherung an die Kreislaufwirtschaft wird das Engagement der EU in internationalen Foren wie G20, Minister für saubere Energie und der Initiative Innovationsmission der EU ermöglichen, die Schaffung von Umweltstandards für neue Technologien voranzutreiben, ihre weltweite Führungsrolle weiter zu stärken und das Risiko von Versorgungsunterbrechungen zu mindern sowie die Nachhaltigkeit und Qualität der Technologien zu stärken.

Fünftens wird die Europäische Kommission die Methodik zur Bewertung der Wettbewerbsfähigkeit in Zusammenarbeit mit den Mitgliedstaaten und den Interessenträgern weiterentwickeln. Ziel ist die Verbesserung der makroökonomischen Analyse des Bereichs saubere Energie, einschließlich der Voraussetzung, mehr Daten zur Verfügung zu haben. Eine verbesserte Methodik wird die Gestaltung einer FuI-Energie-Politik unterstützen, die zur Schaffung einer wettbewerbsfähigen, dynamischen und widerstandsfähigen Industrie für saubere Technologien beiträgt. Die jährliche Bewertung der Wettbewerbsfähigkeit des Bereichs saubere Energie wird den Rahmen der nationalen Energie- und Klimapläne, des Strategieplans für Energietechnologie und des Industrieforums für saubere Energie ergänzen. Ziel der kontinuierlichen und verbesserten Bewertung ist es, dass der Bereich saubere Energie seine Rolle bei der praktischen Umsetzung des europäischen Grünen Deals in eine EU-Wachstumsstrategie in vollem Umfang wahrnehmen kann.