

# Der globale Forschungsmarkt für erneuerbare Energien: Wettbewerb und Technologiepartnerschaften

Die Menschheit steht vor einer doppelten globalen Herausforderung, durch die beginnende Verknappung fossiler Brennstoffe sowie durch die Gefährdung der Lebensgrundlagen der Menschheit aufgrund des CO<sub>2</sub>-Anstiegs in der Atmosphäre auf Werte, wie sie unser Planet seit einer Millionen Jahre nicht erlebt hat.

Dieser Herausforderung kann heute noch begegnet werden, aber das „window of opportunity“ zur Vermeidung drastischer, negativer Effekte auf die Volkswirtschaften der Welt durch raschen Anstieg der Energiepreise sowie die Folgen unstabiler Klimata mit Trockenheiten und Stürmen noch nicht erlebter Heftigkeit wird wohl nur noch 10-15 Jahre offen sein. Daher ist rasches und entschiedenes Handeln das Gebot der Stunde.

Während sich die Welt bei der gescheiterten COP-15-Klimakonferenz in Kopenhagen 2009 noch vergeblich darauf konzentrierte, eine Einigung auf die Werte der anzustrebenden Reduktion der nationalen CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erzielen, erscheint eine andere, positive Zielsetzung politisch leichter durchsetzbar und daher schließlich effektiver. Diese Neuorientierung der globalen Klimapolitik könnte sich auf zwei Ziele konzentrieren:

- Erhöhung des Anteils regenerativer Energien am nationalen und globalen Energiemix.
- Erhöhung der Energieeffizienz, wie sie z. B. durch das Verhältnis von Energieverbrauch zu nationaler Wertschöpfung ausgedrückt werden kann.

Während CO<sub>2</sub>-Reduktionsziele in Ländern wie den USA oder Schwellenländern wie China und Indien nur schwer durchsetzbar sind, sind derartige, positive Ziele unmittelbar verständlich und tragen sogar zur Schaffung von Arbeitsplätzen in technologisch anspruchsvollen Branchen bei. Das europäische 20-20-20-Szenario enthält

bereits das Ziel von 20 % regenerativer Energie am Endenergieverbrauch bis 2020, das sicherlich bis 2050 auf ein 80-100 %-Ziel fortgeschrieben werden sollte.

Zum Thema Energieeffizienz gibt es noch keine ausformulierten Zielsetzungen, aber diese lassen sich leicht auf der Basis der augenblicklichen Werte der Energieintensität (kWh/k€ Bruttoinlandprodukt) formulieren. Ziel dieser Berechnungen muss es sein, ein globales Modell zu formulieren, das die Erreichung auch der CO<sub>2</sub>-Ziele ermöglicht. Im IPCC-07 Bericht wird gezeigt, dass zur Vermeidung einer globalen Erwärmung von mehr als 2 °C das der Welt noch zur Verfügung stehende CO<sub>2</sub>-Emissionsbudget 750 Gt beträgt, das ist nicht viel angesichts der augenblicklichen jährlichen Emission von ca. 30-35 Gt.

Eine rasche Erhöhung des Anteils regenerativer Energien am Energiemix sowie Verbesserungen der Energieeffizienz erfordern energische Forschung und Entwicklung auf diesen technologielevanten Feldern. Hier besteht noch erheblicher Forschungsbedarf, sowohl national in Deutschland als auch global.

*Abbildung 1* zeigt die deutschen Energieforschungsausgaben in den letzten 35 Jahren. Das Maximum betrug 2,4 Mrd. € im Jahre 1982, im Wesentlichen Ausgaben für Kernspaltungsforschung sowie Forschung für Kohle und andere fossile Energieträger.

Die heutigen Energieforschungsausgaben betragen nur ca. 1/3 dieses Spitzenbetrags, und auch davon sind nur weitere 1/3, magere ca. 200 Mio. €, direkt den regenerativen Energien zuzuordnen.

*Abbildung 2* zeigt, dass diese Zahl in den letzten 30 Jahren in etwa konstant blieb, noch 2003 entsprach dies ca. 2,2 % des Branchenumsatzes,

Prof. Dr. Eicke R. Weber  
Fraunhofer ISE  
eicke.weber@ise.fraunhofer.de

Gerhard Stryi-Hipp  
Fraunhofer ISE  
gerhard.stryi-hipp@ise.fraunhofer.de

Abbildung 1  
Energie- und  
Forschungsausgaben  
des Bundes

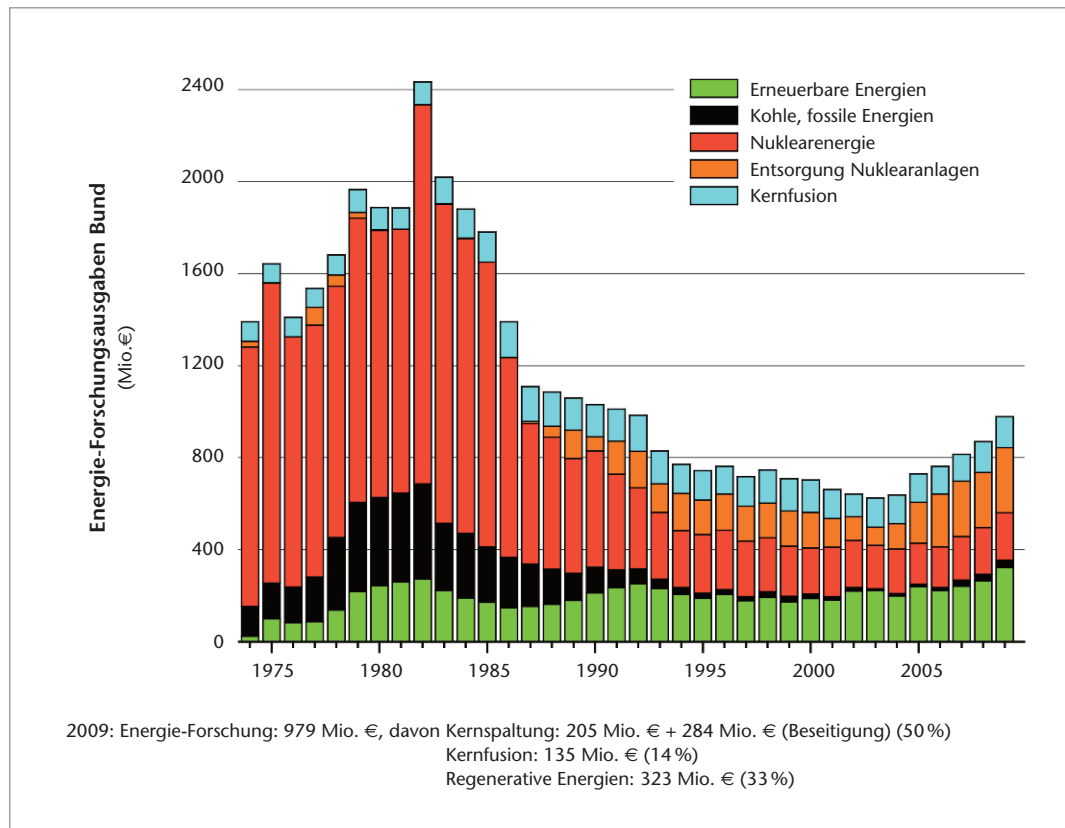
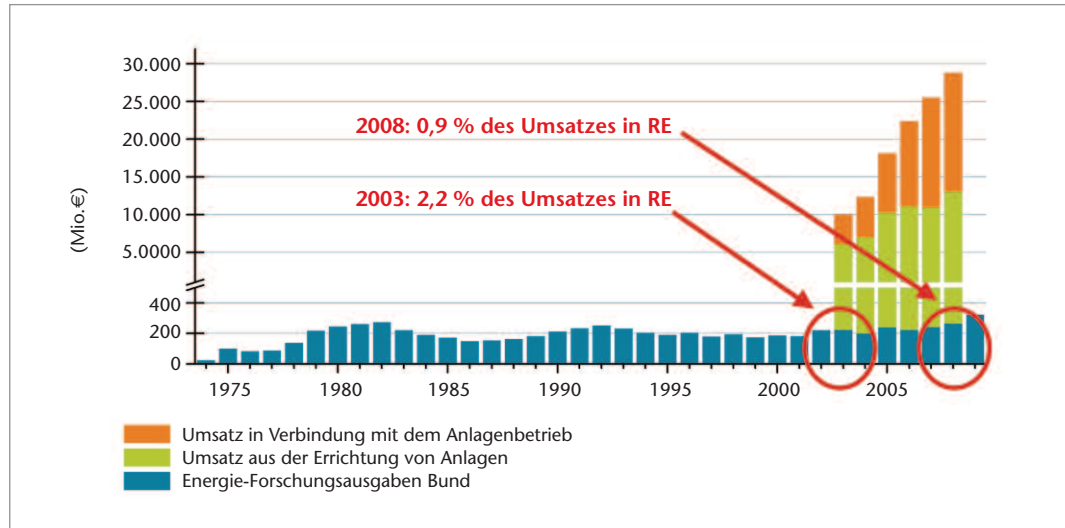


Abbildung 2  
Forschungsausgaben  
des Bundes und  
Umsatz mit  
erneuerbaren Energien



aber 2008 nur noch 0,9%. Für 2009 ist eine Verbesserung auf über 300 Mio. € sichtbar, besonders auch durch Investitionen in offshore Wind. Die Nachhaltigkeit des gerade 2009 erhöhten Forschungsbudgets für regenerative Energien muss allerdings noch gezeigt werden.

Es lässt sich also feststellen, dass sich die oben geschilderten globalen Herausforderungen noch nicht in langfristig erhöhten Budgetansätzen für

die erforderliche Forschung zur Entwicklung neuer, effizienterer und kostengünstigerer Energietechnologien niedergeschlagen hat. Das erstaunliche Wachstum dieser Branche, das ganz wesentlich durch die finanziell attraktiven Einspeisetarife für regenerative Energien im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) stimuliert wurde, führte sogar zu einem deutlich abnehmenden Prozentsatz der öffentlichen Forschungsausgaben als Anteil am Branchenumsatz.

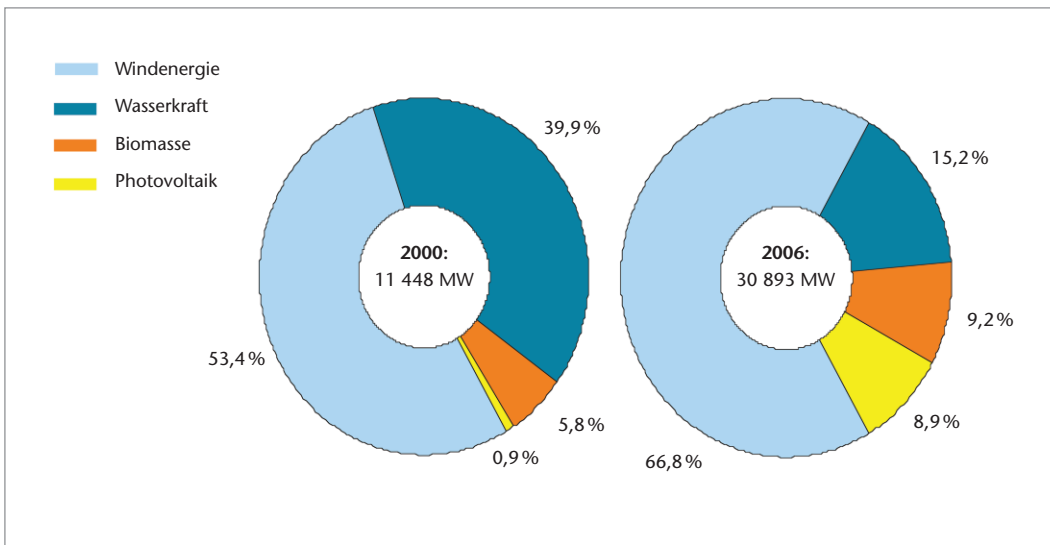


Abbildung 3  
Forschungsausgaben  
des Bundes und  
Umsatz mit  
Erneuerbaren Energien

Abbildung 3 zeigt, dass unter den rasch steigenden Leistungsmengen der regenerativen Energien, die sich in Deutschland von 2000 bis 2006 auf 30 GW verdreifachten, die Photovoltaik besonders rasch wuchs, von 0,9% Anteil an den regenerativen Energien 2000 auf bereits 8,9% 2006. Dies ist nicht erstaunlich wenn man bedenkt dass die Photovoltaik eine Halbleitertechnologie ist, die ähnlich wie die Entwicklung der Mikroelektronik in den letzten 50 Jahren eine kontinuierliche Leistungssteigerung bei gleichzeitiger Preisreduktion kennt.

Die Lernkurve der Photovoltaik in den letzten 25 Jahren (Abbildung 4) zeigt eine kontinuierliche Reduktion der Preise um ca. 20% für jede Verdoppelung der installierten Menge. In den letzten Jahren gab es eine Sonderentwicklung in der Photovoltaik. In den Jahren 2003 bis 2008 war die globale Nachfrage nach PV-Modulen so stark, dass sich die Systemanbieter praktisch die zu bedienenden Kunden aussuchen konnten. Trotz erheblicher Rationalisierungsgewinne bei den Herstellerfirmen blieben die Preise konstant, die rasch steigenden Profite wurde weitgehend angelegt, um den erforderlichen und auch politisch erwünschten, schnellen Kapazitätsaufbau zu finanzieren. Die Wirtschaftskrise der letzten

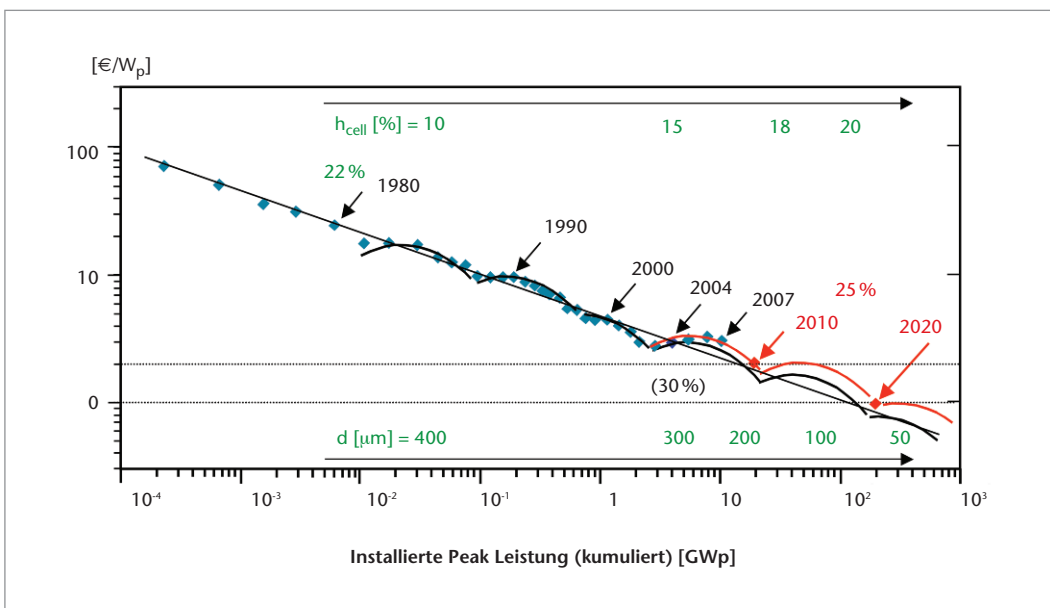


Abbildung 4  
Preis-Lernkurve von  
PV-Modulen aus  
kristallinem Silizium

18 Monate resultierte in einer deutlichen Abkühlung des Marktes, und es ist interessant, festzustellen, dass durch deutliche Preissenkungen 2009 nun die extrapolierte Lernkurve der letzten 30 Jahre wieder erreicht wurde.

Die Fortführung und sogar eine Beschleunigung entlang dieser Lernkurve ist möglich, aber sie erfordert auch weitere, mit dem Branchenumsatz steigende Ausgaben für anwendungsnahe Forschung und Entwicklung. Parallel dazu sind natürlich auch die Ausgaben für grundlegende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu steigern, da jederzeit unerwartete Durchbrüche möglich sind, z. B. auf dem Gebiet der organischen Solarzellen.

Im Prinzip sollte Forschung für alle Arten der regenerativen Energien sowie auch der Energieeffizienz in Gebäuden, Verkehr und Produktion gefördert werden. Einige Gebiete haben allerdings besondere Aufmerksamkeit verdient, wie die Photovoltaik, solarthermische Energiekonversion, die Windenergie, die energetische Optimierung von Gebäuden, die elektrische Mobilität und damit zum Teil eng verbunden die Entwicklung elektrischer Speicher. Damit einher zu gehen hat die Entwicklung neuer, intelligenter Energieverteilungsnetze, in denen bidirektionale Stromspeisung sowie Speicherung ermöglicht wird.

Die Photovoltaik hat das Potenzial, auf lange Sicht einen sehr wesentlichen Teil der Stromerzeugung regenerativ und mit vernachlässigbaren Betriebskosten zu leisten. Zur Erreichung dieses Ziels sind kostengünstigere Produktionsmethoden erforderlich, bei kontinuierlich zu verbessernden Konversionseffizienzen. Mit Systempreisen unter 3 €/Wp ist diese Technologie bereits mit anderen regenerativen Energien wie der konzentrierenden Solarthermie oder dem offshore Wind konkurrenzfähig.

Im Augenblick bietet Dünnschichttechnologie, besonders die Cadmium-Tellurid (CdTe)-Technologie, wie sie von First Solar und anderen angeboten wird, einen Kostenvorteil, Modulkosten von weniger als 1 €/Wp werden genannt. Dieser Kostenvorteil muss allerdings durch deutliche Nachteile in der Konversionseffizienz erkauft werden: während PV Module aus kristal-

linem Silizium heute zwischen 16 und 21 % Effizienz zeigen, erreichen Dünnschichtmodule nur zwischen 8 % und 11 %, also etwa halb so viel. Für Großanlagen auf billig erworbenen Flächen sind Dünnschichtanlagen von Vorteil. Wenn die Fläche begrenzt ist, wie z. B. bei Aufdachanlagen, wird hingegen eine gute Effizienz wichtig. Zur Zeit gibt es einen heftigen Preiskampf. Besonders die Hersteller von Solarzellen aus kristallinem Silizium in Deutschland müssen die Preise der Dünnschichttechnologie als Ziel ernst nehmen.

Der heute noch bestehende Vorsprung deutscher und europäischer Technologien in diesen Ländern ist in großer Gefahr, und auch aus diesem Grund ist eine rasch steigende Aufstockung der F&E-Ausgaben auf diesem Gebiet unerlässlich.

Die dritte, wesentliche PV-Technologie, konzentrierende PV, die höchsteffiziente Solarzellen mit bis zu 41 % Konversionseffizienz durch bis zu 500-fache Konzentration einsetzt, befindet sich noch im Anfangsstadium, hat aber das Potenzial, in sonnenreichen Gegenden einen interessanten Marktanteil zu erringen.

Die Solarthermietechnik stellt Warmwasser ohne Umweg über eine Stromerzeugung bereit. Hier gibt es weiteres Verbesserungspotenzial in der Herstellung von den besonders in kühleren Klimazonen erforderlichen Vakuumkollektoren sowie auch der Betriebsführung.

Zur Stromerzeugung in sonnenreichen Gegenden wird konzentrierende Solarthermie zunehmend eingesetzt. Diese Technologie ist besonders in Verbindung mit Wärmespeicherung interessant, da geschmolzene Salzlösungen es erlauben, tagsüber gespeicherte Wärme auch nachts zur Stromerzeugung zu verwenden. In neuesten Entwicklungen wird auch an einer Kombination dieser Technik mit konzentrierender PV gearbeitet.

Die Nutzung von onshore Wind zählt zu den preisgünstigsten Arten der regenerativen Erzeugung von Strom. Allerdings ist die Zahl und Verfügbarkeit guter Standorte limitiert, so dass dort wesentlicher Zuwachs durch Repowering bestehender Anlagen mit größeren Rotoren möglich

ist. Ein ganz anderes Bild bietet offshore Windenergie, hier stehen wir noch vor großen technologischen Herausforderungen die intensive Forschung erfordern, z. B. an größeren Systemen in den 20 MW Bereich hinein sowie auf dem Feld der Korrosionsfestigkeit.

Die energetische Optimierung bestehender Gebäude sowie die Entwicklung zukunftsweisender Konzepte von Neubauten, bis hin zum Projekt Masdar City, einer vollkommen energieautarken Stadt, bietet enormes Potenzial zur Erhöhung der Energieeffizienz, da mehr als ein Drittel unseres Endenergieverbrauchs in die Gebäude fließt. Besondere Herausforderungen stellt die Altbausanierung dar, bei der es neben der Entwicklung entsprechender Technologien auch auf die Unterstützung durch geeignete Markteinführungshilfen ankommt. Diese sollten es erlauben, die kurzfristig anfallenden Kosten auf die langen Jahre des energetischen Nutzens geeignet zu verteilen.

Erhöhung des Einsatzes regenerativer Energien im Transportsektor führt zu dem Feld der elektrischen Mobilität. Angeführt von Entwicklungen in Japan und China und unterstützt von wesentlichen öffentlichen Förderprogrammen beginnt auch die deutsche Automobilindustrie, sich dieser Herausforderung zu stellen. Es ist noch offen, wie und wann sich die Wasserstoff-Brennstoffzellentechnologie im Transportsektor durch-

setzt. Die Leistung von Batteriesystemen reicht bereits aus, um Plug-in Hybrids mit limitierter elektrischer Reichweite und einen Verbrennungsmotor zur Reichweitereinerweiterung anzutreiben. Mit verbesserter Batterietechnologie werden auch rein elektrische Fahrzeuge eine ausreichende Reichweite bieten. Hier besteht noch großer Forschungsbedarf sowohl bei den Batterien selbst als auch bei dem zu den Systemen gehörenden Energiemanagement.

Schließlich sollte auch die erforderliche Umstellung des herkömmlichen, unidirektionalen Stromnetzes auf ein bidirektionales Netz mit lokal verteilter Intelligenz erwähnt werden. In diesem zukünftigen Netz stellen sich Abnehmer auf die zeitlich fluktuierenden Stromkosten ein und schalten wesentliche Verbraucher besonders zu Zeiten des günstigsten Preises an, wenn z. B. ausreichend Windkraft eingespeist wird. Gleichzeitig sind Abnehmer auch potenzielle Einspeiser von Leistung aus Wind- und Solaranlagen oder aus den Batterien der Elektroautos, die ja nur dann gefüllt sein müssen, wenn der Kunde auch wirklich fahren möchte. Das Stromnetz der Zukunft braucht auch Übertragungstechniken für lange Reichweiten in Form von Hochspannungsgleichstromübertragung, die sonnenreiche Gegenden im Süden mit wind- und wasserreichen Gegenden im Norden und den Kunden verbindet.

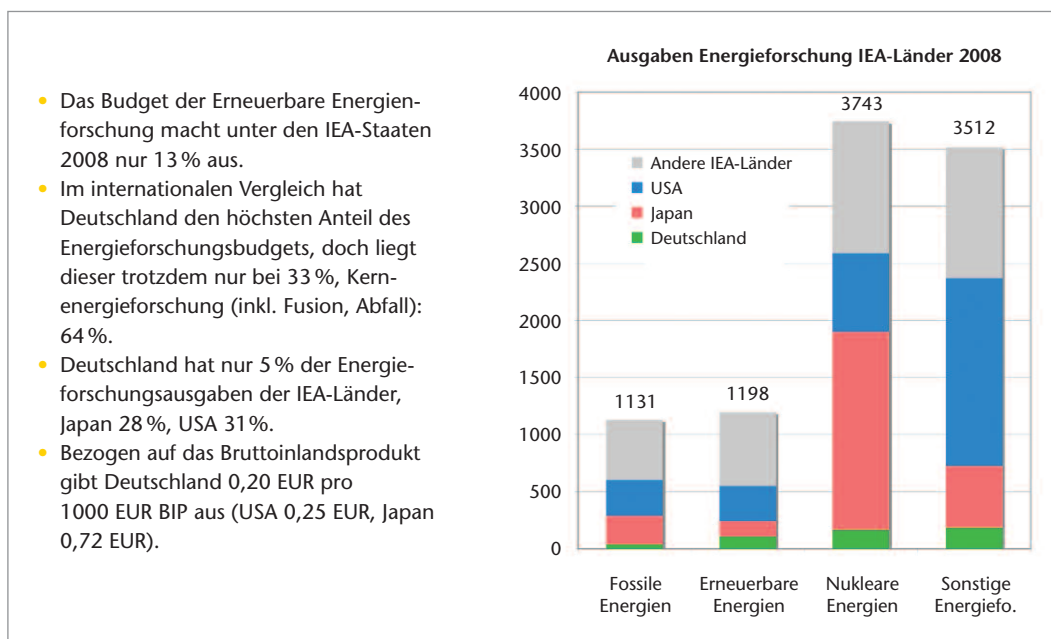


Abbildung 5  
Energieforschungsbudgets weltweit

Diese knappe Skizze eines Energiesystems der Zukunft zeigte an vielen Stellen den noch bestehenden, erheblichen Forschungsbedarf. Zur rechtzeitigen Erreichung der Klimaziele ist es unerlässlich, Technologiekompetenzen weltweit verstärkt zu entwickeln. Dies kann allerdings nur mit deutlich ansteigenden Mitteln zur Förderung dieses Forschungsfeldes erfolgreich sein.

*Abbildung 5* zeigt, dass in allen Ländern der Internationalen Energieagentur (IEA) die Forschung an regenerativen Energien nur 13 % des Energieforschungsbudgets ausmacht. Bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt BIP steht Deutschland mit 0,20 € Forschungsausgaben pro 1.000 € BIP noch hinter den USA (0,25 €) und weit hinter Japan (0,72 €). In den USA wurden die Aufwendungen für PV-Forschung allein von 135 \$ Millionen 2008 auf 260 \$ Millionen 2009 fast verdoppelt, und soll 2010 320 \$ Millionen betragen, plus etwa 800 \$ Millionen für 46 staatliche Energy Frontier Centers in den nächsten 5 Jahren, von denen sich 11 auf die PV konzentrieren sollen.

In Europa wurden bereits enge Technologiepartnerschaften durch europäische Programme wie Crystal Clear im Bereich der Silizium-PV-Technologie angestoßen. Leider wurde die Chance verpasst, ein Knowledge und Innovation Center (KIC) im Rahmen des European Institute of Technology zum Thema regenerative Energien zu bilden. Dennoch kann erwartet werden, dass es weitere entsprechende Programme spätestens im 8. EU-Rahmenprogramm geben wird. Auch die transatlantische Technologie-Partnerschaft wird verstärkt werden. Die Fraunhofer-Gesellschaft hat bereits ein sich sehr schnell entwickelndes Center for Sustainable Energie Systems (CSE) am MIT in Boston gegründet, und Bundesforschungsministerin Schavan unterzeichnete einen ersten transatlantischen Vertrag zur technologischen Zusammenarbeit, besonders auch auf den Gebieten der regenerativen Energien.

Es ist eindeutig, dass die Herausforderung an die Menschheit global ist und daher Technologiekompetenzen auch global gebündelt werden müssen. Die Länder, die diesen Prozess am effektivsten angehen, und Deutschland gehörte eindeutig zu den Spitzenreitern, werden daraus

großen volkswirtschaftlichen Gewinn ziehen. Auf der anderen Seite wird durch das erwachende Interesse besonders auch in Asien der Wettbewerb schärfer werden, und wenn Deutschland sich diesem Wettbewerb nicht mit den gebührenden Anstrengungen auf dem Feld der Forschung und Entwicklung stellt, ist nicht auszuschließen, dass wir unsere Technologieführerschaft verlieren, wie das in der Vergangenheit bei anderen Schlüsseltechnologien wie der Mikroelektronik zu beobachten war.