



# REthinking Energy

ERneuerbar gedacht

## KURZFASSUNG

Ein Zusammenspiel von Ökonomie, Demographie, Klimawandel und Technologie hat eine fundamentale Veränderung des globalen Energiesystems in Gang gesetzt.

Wachsende Bevölkerungen, bessere Lebensstandards und zunehmende Urbanisierung, haben die Nachfrage nach Energie stark erhöht. Gleichzeitig führt der wachsende Konsens über die Gefahren des Klimawandels dazu, dass Bürger und Regierungen in aller Welt nach Wegen suchen, um Energie zu erzeugen, und gleichzeitig Treibhausgasemissionen und andere Umweltauswirkungen auf ein Minimum zu reduzieren.

Dank des raschen technologischen Fortschritts, kombiniert mit sinkenden Kosten, einem besseren Verständnis der finanziellen Risiken und einer zunehmenden Wahrnehmung der weitergehenden Vorteile, werden erneuerbare Energien immer häufiger als Lösung gesehen. REmap 2030, ein von der Internationalen Organisation für Erneuerbare Energien (IRENA) entwickelter, globaler Fahrplan zeigt, dass erneuerbare Energien nicht nur in der Lage sind, die steigende Energienachfrage der Welt zu befriedigen – sondern auch die Kosten der Energiebereitstellung zu senken und gleichzeitig mithelfen, die globale Erwärmung auf die oft genannte Zielgröße von unter 2 Grad Celsius zu begrenzen.

Eine einstige Nischentechnologie wird Mainstream. Es bleibt jedoch die Frage, wie lange die Veränderung des globalen Energiesystems dauern wird und wie geschickt die politischen Entscheidungsträger den Wandel handhaben werden.

Die Auswirkung dieser Veränderungen werden jeden Aspekt der Gesellschaft betreffen. REthinking Energy, eine neue Serie von IRENA, untersucht, wie erneuerbare Energien finanziert, erzeugt, verteilt und verbraucht werden, und beschreibt die neuen Beziehungen die erneuerbare Energien zwischen Staaten, Unternehmen und Privatpersonen entstehen lässt.

Diese erste Ausgabe legt den Schwerpunkt auf den Elektrizitätssektor. Sie erzählt eine Geschichte – über die Trends, die diesen Wandel vorantreiben, wie die Technologie sich entwickelt, wer sie finanziert, und welche weiteren Vorteile sie bringen wird. Nicht zuletzt befasst sich die erste Ausgabe mit der Frage, wie ein auf erneuerbaren Energien basierendes Energiesystem aussehen könnte und wie politische Entscheidungsträger den Wandel weiter unterstützen können.

## Warum die Welt der Energie sich verändert

Im Mittelpunkt des Energiewandels stehen die Nachfrage, das Ziel, die Versorgungssicherheit mit Energie zu verbessern, sowie das Gebot einer nachhaltigen Zukunft.

Im Laufe der letzten 40 Jahre ist die Weltbevölkerung von 4 auf 7 Milliarden Menschen gewachsen. Ein zunehmender Anteil gehört der Mittelschicht an und lebt in Städten. Im gleichen Zeitraum ist die Stromerzeugung um mehr als 250 Prozent gestiegen.

Dieses Wachstum wird sich fortsetzen. 2030 wird es über 8 Milliarden Menschen geben, 5 Milliarden davon in urbanen Ballungsräumen. Die globalen Ausgaben der Mittelschichten werden sich voraussichtlich mehr als verdoppeln, von USD 21 Billionen im Jahr 2010 auf USD 56 Billionen 2030.

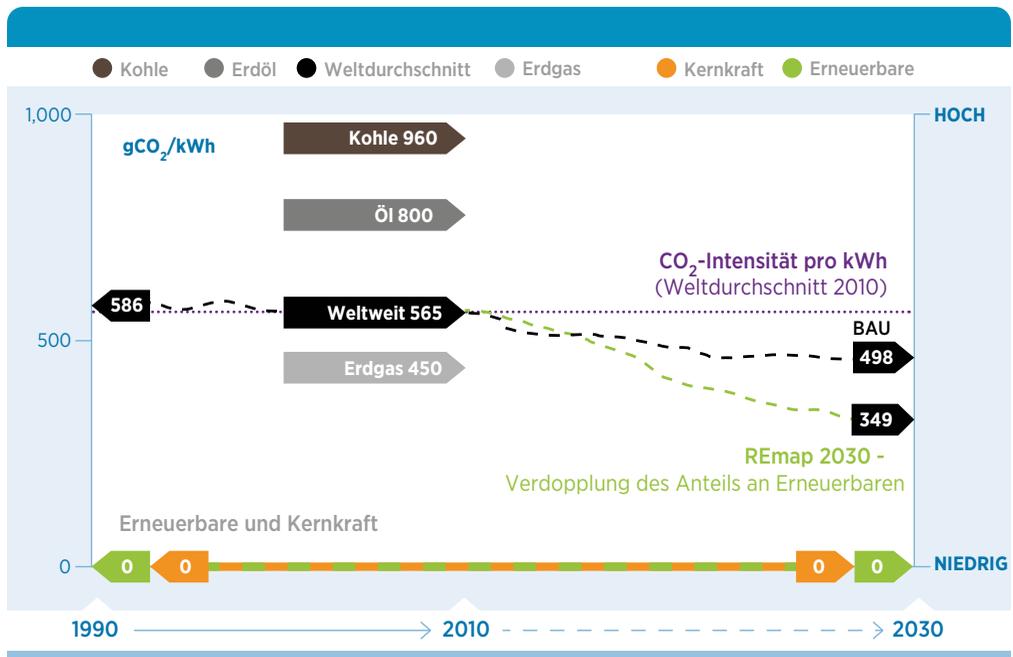
Laut Prognosen wird die Stromerzeugung um 70 % wachsen, von 22.126 Terawattstunden (TWh) 2011 auf 37.000 TWh im Jahr 2030.

Doch die Bereitstellung dieser Energie hat ihren Preis durch den Anstieg der atmosphärischen Konzentration von Treibhausgasen. Der Konsens über die Gefahr des hierdurch ausgelösten Klimawandels wächst und löst weltweite Bemühungen aus, die Emissionen von Treibhausgasen zu reduzieren.

Im Falle gleichbleibender Verhaltensmuster (business as usual – BAU) werden diese Bemühungen erfolglos bleiben. Die durchschnittliche Emissionsintensität der Stromerzeugung hat sich in den letzten Jahren kaum geändert. Fortschritte durch den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien und weniger emissionsintensiver fossiler Kraftstoffe wie Erdgas werden durch ineffiziente Kraftwerke und die zunehmende Nutzung von Kohle konterkariert. Ohne einen erheblichen Anstieg des Anteils an erneuerbaren Energien im Strommix wird die Abschwächung des Klimawandels ein frommer Wunsch bleiben.

REmap 2030 zeigt, dass die durchschnittlichen Kohlendioxid- (CO<sub>2</sub>) emissionen mit den derzeitigen Maßnahmen und nationalen Plänen (d. h. business as usual) bis 2030 lediglich auf 498 g/kWh sinken werden. Diese Senkung reicht nicht aus, um das Niveau des atmosphärischen Kohlendioxids auf unter 450 Teile pro Million (ppm) zu halten – wird dieses Niveau überschritten, ist mit einem massiven Klimawandel zu rechnen. Eine Verdopplung des Anteils an Erneuerbaren Energien könnte helfen, den Klimawandel zu lindern, indem die globalen durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen auf 349 g/kWh reduziert würden. Wie aus dem unten stehenden Diagramm hervorgeht, entspricht dies einer 40%igen Reduzierung der Intensität im Vergleich zu dem Niveau aus 1990.

### CO<sub>2</sub>-Emissionsintensität pro kWh - Prognose 2030



Quelle: Internationale Energieagentur (2010) und IRENA (2014a)

Zudem besteht zunehmende Sorge über die direkten Gesundheitsauswirkungen die aus der Verbrennung fossiler Kraftstoffe resultieren, da schnell wachsende Volkswirtschaften mit einer sich rapide verschlechternden Luftqualität und einem erheblichen Anstieg von Atemwegserkrankungen konfrontiert sind. Die US-Umweltschutzbehörde (United States Environmental Protection Agency) hat vor kurzem festgestellt, dass die Gesundheitsprobleme, ausgelöst durch die Nutzung fossiler Kraftstoffe, landesweit Kosten zwischen USD 362 und USD 887 Milliarden pro Jahr verursachen. Die Allianz für Gesundheit und Umwelt der Europäischen Union hat festgestellt, dass Emissionen aus Kohlekraftwerken jedes Jahr zu Gesundheitskosten von bis zu EUR 42,8 Milliarden führen. Örtlich begrenzte Katastrophen wie die Explosion der Ölbohrplattform Deepwater Horizon in den Vereinigten Staaten oder der Unfall von Fukushima in Japan haben weltweite Folgen. Die Regierungen haben dies zur Kenntnis genommen.

Die Staaten sind in steigendem Maße daran interessiert, ihre Abhängigkeit von importierten fossilen Kraftstoffen zu verringern. Durch die Reduzierung ihrer Energieimporte bemühen sie sich um größere Energieautarkie sowie um die Vermeidung möglicher Versorgungsunterbrechungen (zum Beispiel im Fall von Konflikten oder Katastrophen), hoher Energiepreise und Preisschwankungen.

Unterdessen wächst der Druck, die 1,3 Milliarden Menschen mit Strom zu versorgen, die derzeit keinen Zugang zu Strom haben, zum Großteil in abgelegenen Gebieten leben und für die die traditionell groß angelegten Kraftwerke und Übertragungssysteme keine Lösung darstellen. Des Weiteren sind 2,6 Milliarden Menschen auf traditionelle Biomasse angewiesen und verwenden traditionelle Öfen zum Kochen, was schwere Gesundheitsauswirkungen verursacht.

Angesichts dieser Trends besteht heute ein breiter Konsens darüber, dass sich etwas ändern muss. Fossile Kraftstoffe waren der Motor der ersten industriellen Revolution, doch selbst im neuen Zeitalter von Schieferöl und -gas bleiben Fragen über die Vereinbarkeit fossiler Energien mit nachhaltigem menschlichem Wohlergehen offen. Somit sind die Voraussetzungen für das Zeitalter moderner erneuerbarer Energien, die hinsichtlich der Kosten wettbewerbsfähig, massenkompatibel und nachhaltig sind, gegeben.

## Je mehr erneuerbare Energien eingesetzt werden, umso stärker sinken ihre Kosten

Wasser-, geothermische und Biomasse-Energie in großem Stil sind schon seit einiger Zeit wettbewerbsfähig, doch viele Jahre lang taten sich Wind- und Sonnenenergie schwer, mit Kohle, Öl und Erdgas zu konkurrieren. Diese Situation hat sich jedoch im letzten Jahrzehnt und insbesondere in den letzten fünf Jahren erheblich geändert.

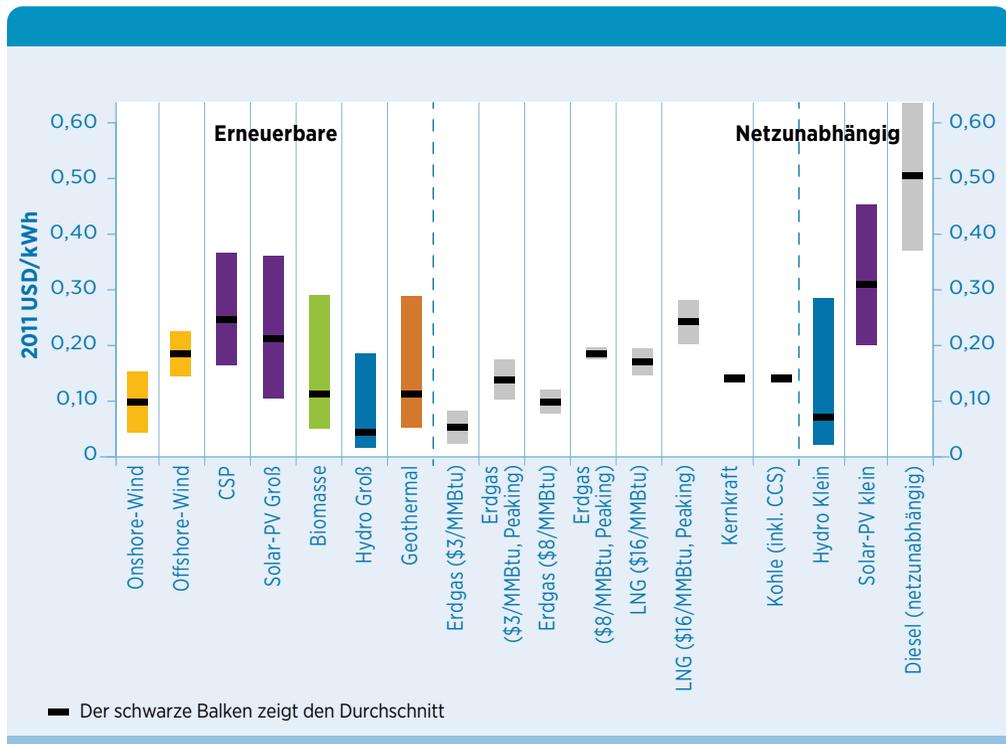
Technologien für erneuerbare Energien sind immer robuster und effizienter geworden und sind zunehmend in der Lage, selbst unter nicht gerade idealen Bedingungen wie niedrigen Windgeschwindigkeiten und geringer Sonneneinstrahlung Energie zu erzeugen. Es werden immer bessere Technologien zur Speicherung von Energie entwickelt. Dank staatlicher Unterstützung in Europa und den Vereinigten Staaten und angetrieben durch den Aufschwung neuer Industriezentren wie China sind die Kosten stark gesunken. Diese Trends werden in dem unten stehenden Diagramm veranschaulicht, das die Stromgestehungskosten (LCOE) für verschiedene Formen von Netz- und Inselanlagen grafisch darstellt.

Die Preise für Photovoltaik (PV) sind seit 2008 um 80 % gesunken und werden voraussichtlich weiter zurückgehen. Im Jahr 2013 erreichte kommerzielle Solarenergie Netzparität in Italien, Deutschland und Spanien und steht auch in Mexiko und Frankreich kurz davor. Solar-PV ist ohne Subventionen zunehmend wettbewerbsfähig: Der Strom aus einer neuen 70-Megawatt (MW)-Solarfarm, die derzeit in Chile gebaut wird, soll beispielsweise auf dem nationalen Spotmarkt verkauft werden, im direkten Wettbewerb mit Strom auf Basis fossiler Energieträger. Die Kosten für Onshore-Windenergie sind seit 2009 um 18 % gesunken, die Turbinenkosten seit 2008 um fast 30 %, womit sie in einer zunehmenden Zahl von Märkten die billigste Quelle für neuen Strom geworden ist. Mehr als 100 Länder greifen heute auf Windenergie zurück. Auch Offshore-Wind wird voraussichtlich schnell wachsen, da die Kosten zurückgehen. Das Vereinigte Königreich ist mit 4,2 Gigawatt (GW) installierter Kapazität per Mitte 2014 Marktführer.

Diese und andere Entwicklungen haben die Erneuerbaren in vielen weiteren Märkten attraktiver gemacht. 2013 wurden erstmals mehr neue Kraftwerke für erneuerbare Energien in Ländern gebaut, die nicht der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) angehören. Chinas Neubau von Solar-PV und Windenergie im Jahr 2013 wird auf 27,4 GW geschätzt – fast vier Mal so viel wie Japan, der zweitgrößte Markt für Neuanlagen.

Weltweit ist die installierte Erzeugungskapazität der Erneuerbaren in den letzten 10 Jahren um 85 % gewachsen, 2013 lag sie bei 1700 GW und heute entfallen 30 % der gesamten installierten

LCOE für Netzstrom und netzunabhängigem Strom – OECD-Länder  
(Klassifizierungen und Durchschnitt)



Quelle: IRENA Costing Alliance (n.d.) for renewable energy technologiess und PwC-Datenbank für nicht erneuerbare Energietechnologien

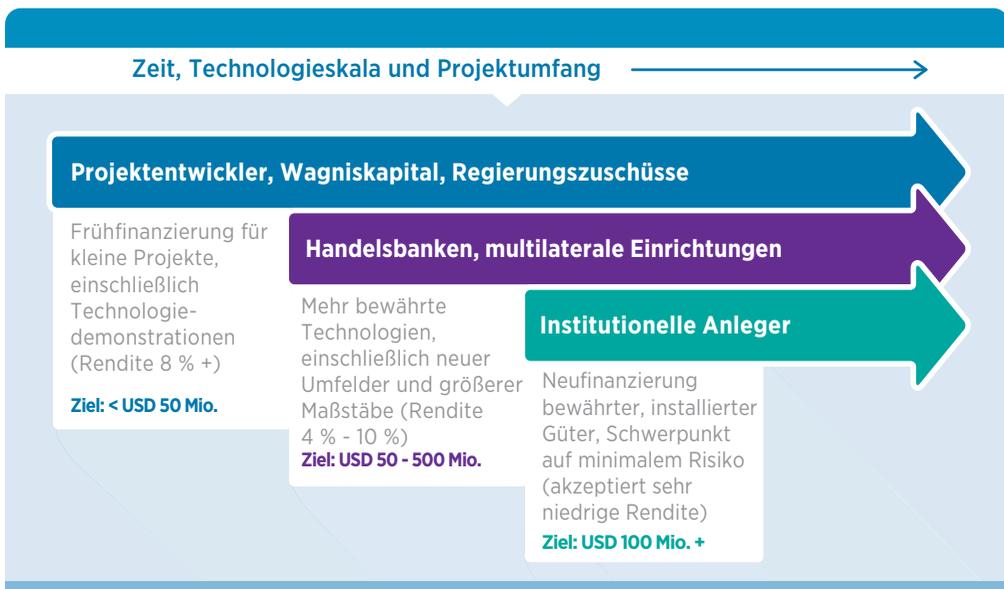
Erzeugungskapazität aller Kraftwerke auf erneuerbare Energien. Die Herausforderung besteht nicht mehr darin, ob erneuerbare Energien den Strom für moderne Lebensstile zu vertretbaren Kosten liefern können – was, wie wir inzwischen wissen, der Fall ist; sondern darin, ihren Einsatz bestmöglich zu finanzieren und zu beschleunigen.

## Finanzierung erneuerbarer Energien wird billiger und einfacher

Ob erneuerbare Energien wettbewerbsfähig sind oder nicht, hängt von ihren Kosten pro Kilowattstunde ab. Da die meisten erneuerbaren Technologien ein ziemlich hohes Verhältnis von Vorlauf- zu Betriebskosten haben, wird ihre Rentabilität vor allem durch die Kapitalkosten bestimmt. Aus diesem Grund war staatliche Unterstützung traditionell entscheidend für die Förderung der Erneuerbaren. Da die Technologie jedoch wettbewerbsfähiger geworden ist und die öffentlichen Haushalte immer stärker unter Druck stehen, haben die Regierungen ihre Unterstützung reduziert.

Die gute Nachricht ist, dass private Investoren zunehmend bereit sind, in die Finanzierung von Erneuerbaren einzusteigen. Dank der wachsenden Erfahrung können die Entwickler den Cashflow genauer voraussehen und Finanziers haben bessere Möglichkeiten für eine präzise Bewertung des Risikos. Die Kapitalkosten sinken und Produkte werden heute für eine breitere Palette von Investoren – von kleinen Gemeinschaften bis zu großen Institutionen – maßgeschneidert. Crowdfunding-Initiativen ermöglicht weitere Kapitalbeschaffung, vor allem in Entwicklungsländern, in denen Kapitalkosten traditionell hoch sind. Das unten stehende Diagramm zeigt, wie sich Investitionsquellen für erneuerbare Energien mit der zunehmenden Reife der Technologien und Märkte entwickeln.

Investitionsfortschritt durch Technologie und Marktentwicklungsstadien



Am anderen Ende der Skala zeigen nun auch institutionelle Anleger Interesse. Sie berücksichtigen zunehmend das mit fossilen Kraftstoffen verbundene Risiko, und die Entwicklung neuer Instrumente mit geringem Risiko und langer Laufzeit befördern Ihre Investitionen in erneuerbare Energien. Private Entwickler auf diesem Gebiet konnten sich 2013 USD 11 Milliarden beschaffen, ein Anstieg von 200 % in 12 Monaten.

Nicht mit dem Energiesektor verbundene Großunternehmen engagieren sich ebenfalls. Zum Beispiel erzeugt IKEA heute 37 % seines Energieverbrauchs durch Windturbinen und Sonnenkollektoren und Google hat mehr als USD 1,4 Milliarden in Wind- und Solarenergie investiert – in den meisten Fällen aufgrund der attraktiven Rendite.

Doch diese positiven Trends sind noch nicht ausreichend. Die Gesamtinvestitionen in erneuerbare Energien (ohne große Wasserkraftprojekte) sind zwischen 2004 und 2013 von USD 55 Milliarden auf USD 214 Milliarden gestiegen – zu wenig, wenn man bedenkt, dass bis 2030 jährlich USD 550 Milliarden benötigt werden, um den globalen Anteil von erneuerbaren Energien zu verdoppeln und einen katastrophalen Klimawandel abzuwenden.

Politischen Entscheidungsträgern fällt eine wichtige Rolle zu. Mit klar definierten Zielen, den Erneuerbaren einen größeren Teil am nationalen Energiemix zu ermöglichen, sowie den Verpflichtungen zu langfristigen, nicht-finanziellen Unterstützungsmechanismen, könnten sie Unsicherheiten verringern und mehr Investoren anziehen. In Schwellenmärkten wird die öffentliche Finanzierung weiterhin wichtig sein, da inländische Strukturen zur Unterstützung des Einsatzes erneuerbarer Energien noch entwickelt werden. In diesem Kontext spielen internationale Zusammenarbeit und Kapitalflüsse eine immer wesentlichere Rolle. Angesichts der zunehmenden Wettbewerbsfähigkeit kann man die finanzielle Unterstützung schrittweise zurückfahren und sich stattdessen auf Netzverbesserungen, Ausbildung und Industriestandards konzentrieren, welche den Markt als Ganzen stärken.

Auch traditionelle Stromversorgungsunternehmen haben die Möglichkeit, mehr zu tun. Geschäftsmodelle passen sich an die sich verändernden Marktbedingungen an, und gemeinsame Projekte zwischen großen Versorgungsunternehmen, kleinen Entwicklern und Kunden könnten eine Formel für die Zukunft sein.

## Die weiteren Vorteile erneuerbarer Energien

Es zeigt sich immer deutlicher, dass die Erneuerbaren gesamtgesellschaftlich einen positiven Welleneffekt haben und gleichzeitig wirtschaftliche, soziale und ökologische Ziele voranbringen. Am besten verstanden werden ihre Kosten und Vorteile nicht in traditionellen Politikrahmen, sondern als Teil einer ganzheitlichen Strategie zur Förderung des wirtschaftlichen Wohlstands, des Wohlbefindens und einer gesunden Umwelt.

Erneuerbare Energien sind gut für die Wirtschaft eines Landes. Nach einer aktuellen japanischen Studie zu dem Ziel von 14 bis 16 % Erneuerbaren bis 2030, ist der Nutzen zwei bis drei Mal höher als die Kosten – einschließlich Einsparungen bei Importen fossiler Kraftstoffe, Reduzierungen von CO<sub>2</sub>-Emissionen und wirtschaftliche Welleneffekte. Spaniens Einsatz von Erneuerbaren sparte dem Land 2010 USD 2,8 Milliarden an Importen von fossilen Kraftstoffen, während Deutschland 2012 USD 13,5 Milliarden weniger ausgeben musste. Für die Länder, die fossile Kraftstoffe exportieren, macht der Einsatz von erneuerbaren Energien in ihrem eigenen Land mehr Ressourcen für den Export nach Übersee verfügbar.

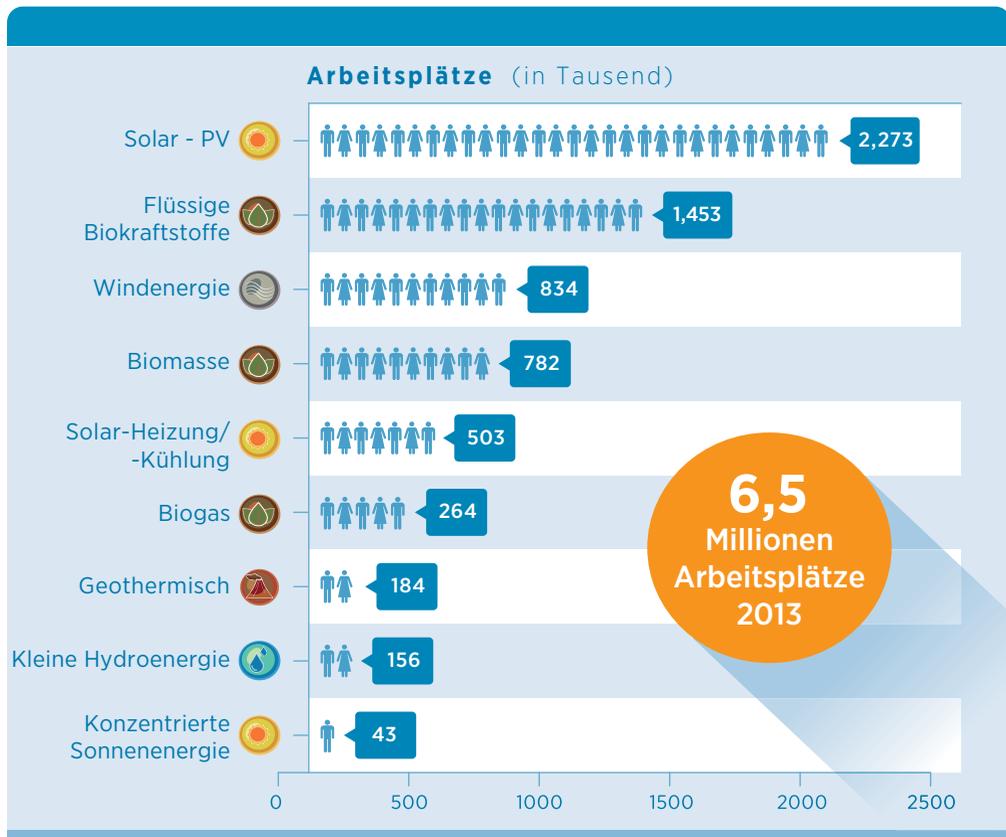
Die Vorteile machen sich in der gesamten Wertschöpfungskette bemerkbar, da erneuerbare Energie inländische Wirtschaftsaktivitäten stimuliert und Arbeitsplätze schafft. Im Jahr 2013 haben Erneuerbare 6,5 Millionen mittelbare und unmittelbare Jobs geschaffen – darunter 2,6 Millionen in China, wie aus dem unten stehenden Diagramm hervorgeht.

Erneuerbare können auch Menschen mit Strom versorgen, die derzeit nicht am Stromnetz angeschlossen sind. Erneuerbare können so seinen produktiven Gebrauch fördern, die Bildung ankurbeln, Zugang zu moderner Kommunikation ermöglichen und eine Fülle von neuen Chancen bieten.

Der Nutzen für die Umwelt ist ebenso überzeugend, sowohl auf lokaler als auch auf globaler Ebene. Die meisten erneuerbaren Energien erschöpfen die endlichen Ressourcen nicht (obwohl zur Reinigung und Kühlung möglicherweise Wasser benötigt wird, was in trockenen Ländern ein Problem darstellen könnte). Erneuerbare Energien verringern auch die Gefahr von ökologischen Katastrophen.

Entscheidend ist, dass erneuerbare Energien einen Weg zur Verringerung von Treibhausgasemissionen, einer der Hauptursachen für die globale Erwärmung, bieten. Allein Elektrizität steht heute für mehr als 40 % der menschengemachten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Über ihre gesamte Lebensdauer sind Sonne, Wind, Kernkraft, hydroelektrische, geothermale und Bioenergie 10 bis 120 Mal weniger kohlenstoffintensiv als der sauberste fossile Kraftstoff (Erdgas) und bis zu 250 Mal weniger kohlenstoffintensiv als Kohle. REmap 2030 schätzt, dass die Verdopplung des Anteils an Erneuerbaren im Energiemix, verbunden mit mehr Energieeffizienz, das atmosphärische CO<sub>2</sub> unter 450 ppm – dem Niveau, über dem ein katastrophaler Klimawandel eintreten würde – halten kann.

### Arbeitsplätze in Erneuerbaren nach Technologie



Quelle: IRENA (2014e)

## Ein neues Industrieparadigma?

In dem Maße, in dem der Anteil an Erneuerbaren wächst, verändern sich die Struktur der Industrie und die Natur und auch die Rolle von Energieproduzenten. Ein Sektor, der einst von wenigen großen Stromversorgungsunternehmen beherrscht wurde, wird dezentralisierter und diversifizierter. In Deutschland ist fast die Hälfte aller erneuerbaren Energien heute in Händen von Haushalten und Bauern, nur 12 % der Erneuerbaren-Anlagen befinden sich in direktem Besitz von Stromversorgungsunternehmen.

Neue Speichertechnologien und intelligente Technologien zur Unterstützung eines besseren Nachfrage-Managements werden an Bedeutung gewinnen – und eine vollständig neue Nebenindustrie für intelligente Anwendungen entstehen lassen. In vielen Schwellenmärkten sind Erneuerbare bereits die wirtschaftlichste Energiequelle für netzferne und Kleinstnetz-Systeme. Wie beim Übergang von Festnetztelefonen zu Handys haben viele Länder nun die Möglichkeit, die Entwicklung eines festen Netzes zu überspringen und gleich zu einem flexiblen System vielfacher miteinander verbundener Kleinstnetze überzugehen.

Diese und andere Trends erfordern eine andere Denkweise in Sachen Energie, weg von wenigen zentralisierten Stromversorgungsunternehmen geführten System und hin zu einem dezentralisierten und diversifizierten System, in dem Verbraucher auch Erzeuger sind, mit weit mehr Kontrolle darüber, wie und wann sie Energie gebrauchen.

Politische Entscheidungsträger können viel tun, um diese Vision zu fördern oder zu behindern. Anleger, die in erneuerbare Energie investieren, brauchen stabile und vorhersehbare politische Rahmen, die den Nutzen auf Systemebene, den die Erneuerbaren bringen können, anerkennen. Sie brauchen faire Bedingungen, einschließlich einer Reduzierung der erheblichen Subventionen, die derzeit weltweit für fossile Kraftstoffe gezahlt werden. Und sie brauchen eine unterstützende Netzinfrastruktur, einschließlich mehr regionaler Verbindungen, um Synergien zwischen verschiedenen Formen von erneuerbarer Energie nutzen zu können.

Energie überdenken bedeutet, dass politische Entscheidungsträger die Vorteile erneuerbarer Energie im Ganzen abwägen und Bereiche mit Energie in Verbindung bringen müssen, die bisher nicht in diesem Zusammenhang betrachtet wurden, wie beispielsweise Gesundheitsversorgung, Entwicklung des ländlichen Raums und Regierungsführung. Hierin liegt die größte Chance: einen wirklich ganzheitlichen Ansatz zu wählen, der nicht nur die Interessen des kurzfristigen Wachstums berücksichtigt, sondern die Möglichkeit zu nachhaltigem Wohlstand für alle bietet.

Die bevorstehenden Veränderungen bieten das Potenzial für eine neue industrielle Revolution – durch die Schaffung eines auf Erneuerbaren basierenden Systems, das Zugang zu Energie, Gesundheit und Sicherheit verbessert, Arbeitsplätze schafft und die Umwelt schützt. Die Technologie ist einsatzbereit. Nun müssen die Menschen, Unternehmen und Regierungen ihr Potenzial nutzen.

