



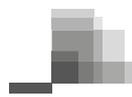
DELPHI
ENERGY
FUTURE

DELPHI ENERGY FUTURE 2040

Delphi-Studie zur Zukunft der Energiesysteme
in Deutschland, in Europa und in der Welt im Jahr 2040

bdew
Energie. Wasser. Leben.

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



pwc

DELPHI ENERGY FUTURE 2040

Studienband

INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG	3
IN ALTERNATIVEN DENKEN: WIE FUNKTIONIERT DIE DELPHI-METHODE?	4
HINWEISE ZUM LESEN DER STUDIENERGEBNISSE	5
MÖGLICHE ZUKÜNFTEN – ERKENNTNISSE DES DELPHI ENERGY FUTURE 2040	6
AUSWERTUNG	14
DIE PROJEKTPARTNER	72
DANKSAGUNG	74
INTERVIEWPARTNER	74
IMPRESSUM	76

EINLEITUNG

Die Energiesysteme befinden sich global in einem tiefen Umbruch. Politik, Unternehmen und Verbraucher fragen sich: Wie wird in Zukunft die Versorgung mit Strom und Wärme erfolgen, wie die Bereitstellung von Mobilität aussehen? Welche Treiber, Akteure und Dynamiken werden die Entwicklungen maßgeblich prägen? Wie können wir strategische Lösungen für Probleme entwickeln, die erst in den nächsten drei Jahrzehnten auftreten? Und wie können wir Chancen rechtzeitig erkennen, von denen wir heute noch nichts ahnen?

Wir – der BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH und die PricewaterhouseCoopers AG WPG – haben in vielen Studien jeweils nur Teilantworten finden können: Zumeist sektorale Untersuchungen einzelner Branchen, Staaten oder Ressourcen, die jedoch nicht zusammenhängend betrachtet werden. Mit unserer Studie „Delphi Energy Future 2040“ sind wir methodisch einen anderen Weg gegangen, um Erkenntnisse über die globale Energiezukunft im Jahr 2040 und darüber hinaus zu erhalten.

Wir wollen die bisher überwiegend technische und fachpolitische Diskussion erweitern und die Wechselwirkungen zwischen verschiedenen gesellschaftlichen Bereichen betrachten. Unser Ziel ist es, die aktuelle, insbesondere auch in Deutschland national geprägte Debatte um die Anpassung oder Neugestaltung der Energiesysteme aufzubrechen und aus globaler Sicht einen umfassenden Blick auf die Energiesysteme der Zukunft zu wagen. Um dies zu erreichen, haben wir eine weltweite Delphi-Befragung durchgeführt, zu der über 350 Energieexperten aus 40 Ländern und sämtlichen gesellschaftlichen Sektoren ihr Wissen und ihre Erfahrung beigetragen haben.

Aus den Ergebnissen haben wir kurze mögliche Zukunftsbilder hergeleitet, die Denkanstöße geben und über die bloße Fortschreibung aktueller Trends hinausgehen. So möchten wir Impulse liefern für die politische Diskussion und die Beantwortung der Frage, welche Weichen wir bereits heute stellen können, um als Politiker, Manager und Verbraucher gemeinsam ein auf Versorgungssicherheit, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit ausgerichtetes Energiesystem der Zukunft zu gestalten.

Die Ergebnisse dieses außergewöhnlichen Studienprojekts geben spannende Einblicke in einen weltweiten Diskussionsprozess zur zentralen Fragestellung des „Delphi Energy Future 2040“: „Wie gestaltet sich die Energiezukunft in Deutschland, in Europa und in der Welt im Jahr 2040 und darüber hinaus?“

Wir freuen uns, Ihnen mit dem vorliegenden Studienband „food for thoughts“ und Anregungen zu liefern, das komplexe System der Energieversorgung weiterzudenken auf dem Weg zur Energieversorgung von morgen.



Stefan Kapferer
Vorsitzender der
Hauptgeschäftsführung
BDEW



Tanja Gönner
Vorstandssprecherin
GIZ



Dr. Norbert Schwieters
Global Energy,
Utilities & Mining Leader
PwC

IN ALTERNATIVEN DENKEN: WIE FUNKTIONIERT DIE DELPHI-METHODE?

Die Delphi-Methode ist ein Instrument der strategischen Vorausschau. In komplexen und von großer Ungewissheit geprägten Themenbereichen bietet sie eine Orientierungshilfe. Insbesondere bei der Einschätzung langfristiger Entwicklungen identifiziert sie potentielle Chancen und Risiken und dient als Frühwarnsystem, beispielsweise für Entscheider in Politik und Wirtschaft. Die Methode folgt der Annahme, dass datengestützte Vorhersagen anhand von statistischen Trendfortschreibungen für eine langfristige Zukunft nicht ausreichend sind. Stattdessen zeigt sie – auf Basis der persönlichen, erfahrungsgestützten Einschätzungen von Experten aus ganz verschiedenen Sphären – potentielle Entwicklungen auf und ist Impulsgeber und Entscheidungshilfe, die eine aktive Gestaltung der Zukunft ermöglicht.

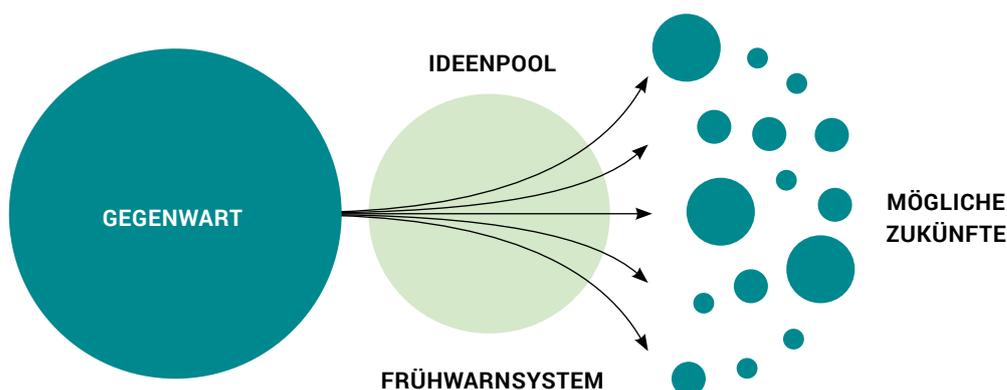
Im Rahmen der Delphi-Methode werden in Interviews mit Experten Thesen über die Zukunft entwickelt und anschließend einer großen Expertengruppe zur Bewertung und Kommentierung vorgelegt. Diese Thesenbewertung geschieht mindestens zwei Mal, wobei die Experten in der zweiten Runde die Antworten und Kommentare aller Experten sehen und in ihre finale Einschätzung einbeziehen können. So entsteht eine strukturierte Gruppenkommunikation. Dabei beugt die Anonymität aber dem Effekt vor, dass Hierarchien, Prominenz oder persönliche Dominanz den Prozess beeinflussen – wie dies bei direkten Diskussionen wie man sie von Workshops und Konferenzen kennt, der Fall sein kann.

Da Experten mit verschiedenen Schwerpunkten zusammengebracht werden, kann die Delphi-Methode unterschiedliche Blickwinkel kombinieren und potentielle Trend-Brüche frühzeitig erkennen. Durch die Darlegung abweichender Einzelmeinungen werden auch Szenarien berücksichtigt, die nicht von der Mehrheit getragen werden.

Von diesen Vorteilen profitiert auch der „Delphi Energy Future 2040“. Mit der Fragestellung „Wie gestaltet sich die Energiezukunft in Deutschland, in Europa und in der Welt im Jahr 2040 und darüber hinaus?“ fokussiert die Studie die zukünftigen Umbrüche und Systemveränderungen im Energiesektor weltweit.

Seit Ende 2014 wurden über 80 zum Teil mehrstündige Tiefeninterviews mit nationalen und internationalen Experten aus dem Energiesektor sowie mit Fachleuten aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und gesellschaftlichen Organisationen durchgeführt. Aus ihren Prognosen wurden zugespitzte Thesen zur Energiezukunft im Jahr 2040 entwickelt.

Diese Thesen wurden in einer schriftlichen Befragung von über 350 internationalen Experten hinsichtlich der Eintrittswahrscheinlichkeit, des Eintrittszeitraums und der regionalen Bedeutung des Trends bewertet. Nach der ersten Befragungsrunde wurden die Experten gebeten, unter Berücksichtigung der Ergebnisse der ersten Runde die Thesen erneut zu bewerten und vom Median abweichende Bewertungen zu begründen. Nach Abschluss der zweiten Befragungsrunde wurden kurze Zukunftsbilder mit Perspektiven bis zum Jahr 2040 abgeleitet, die die gemeinsame Interpretation der Thesenbewertungen durch BDEW, GIZ und PwC widerspiegeln. ■



HINWEISE ZUM LESEN DER STUDIENERGEBNISSE

Kern des „Delphi Energy Future 2040“ sind 56 Thesen über die Energiesysteme der Zukunft. Diese Thesen wurden nach Gesprächen mit über 80 Experten verschiedener Disziplinen weltweit formuliert und anschließend weiteren mehr als 350 internationalen Energieexperten zur Bewertung vorgelegt. Zur Bewertung der Thesen wurden drei unterschiedliche Arten von Fragen gestellt:

- Bei einem Großteil der Thesen wurden die Experten gebeten, die Wahrscheinlichkeit der beschriebenen Entwicklung zu beurteilen. Bei Entwicklungen, die als „wahrscheinlich“ oder „ganz sicher“ eingestuft wurden, schloss sich entweder die Frage an, bis wann mit dieser Entwicklung zu rechnen ist – schon bis 2025, bis 2040 oder erst nach 2040. Oder es wurde gefragt, in welcher Weltregion diese Entwicklung erwartet wird. Hierbei waren Mehrfachnennungen von Regionen möglich.
- Zur Bewertung sogenannter „Versus-Thesen“, bei denen zwei gegenläufige Entwicklungen als These/Gegenthese gegenübergestellt wurden, wurden die Experten gefragt, welche der beiden Entwicklungen sie für wahrscheinlicher halten.
- In einem dritten Fall wurden die Befragten in einer offenen Frage gebeten, die ihrer Meinung nach wichtigsten „Game Changer“-Technologien für die Energiezukunft zu nennen.

Der vorliegende Studienband listet die Ergebnisse jeder einzelnen Thesenbewertung ab Seite 14 ausführlich auf. Ein kurzer Begleittext erläutert die dargestellten Grafiken und zeigt interessante Parallelen sowie Widersprüche zu anderen Thesen auf. Dies ermöglicht es dem Leser, sich eine eigene Interpretation der Ergebnisse zu bilden und eigene Schlussfolgerungen zu ziehen.

Zuvor sind ab Seite 6 einige exemplarische Zukunftsbilder skizziert, wie man sie aus den Ergebnissen des Delphi gewinnen kann. Diese kurzen Szenarien sind die Interpretation der Studienergebnisse durch BDEW, GIZ und PwC. Sie schließen einander nicht aus, sondern sie sollen im Gegenteil die Leser anleiten und ermuntern, weitere eigene Interpretationen zu entwickeln.

Der Begriff „Energy Transition“ bezieht sich auf den weltweit stattfindenden nachhaltigen Umbau der Energiesysteme während der Begriff „Energie-wende“ die spezifisch deutsche Entwicklung beschreibt. Zudem legen die Durchführer der Studie großen Wert auf die sprachliche Gleichbehandlung von Frauen und Männern. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit werden jedoch nicht durchgehend beide Formen verwendet. ■

MÖGLICHE ZUKÜNFTEN – AUS DEN ERGEBNISSEN DES DELPHI ENERGY FUTURE 2040

Wie wird sich die Erzeugung, Verteilung und Nutzung von Strom und Wärme verändern? Wie wird die Zukunft der Mobilität aussehen? Wie werden gesellschaftliche Entwicklungen den Umgang mit Energie verändern – und wie neue Energietechnologien die Gesellschaft? Die folgenden Zukunftsbilder stellen ausgewählte Interpretationen der Delphi-Ergebnisse durch die drei Projektpartner dar. Sie beschreiben mögliche zukünftige Treiber, Akteure und Dynamiken im Energiesektor weltweit. Die Zukunftsbilder schließen sich gegenseitig nicht aus, sondern fokussieren unterschiedliche Schwerpunkte. Sie sind als Anregung und Inspiration für Leserinnen und Leser gedacht, mit Hilfe der Thesenbewertungen selbst Antworten auf diese Fragen zu finden.



MOMENTUM FÜR KLIMASCHUTZ WÄCHST

Im Jahr 2040 herrscht unter den größten CO₂ emittierenden Ländern der Welt Einigkeit: Eine Häufung ökologischer Katastrophen wie Überschwemmungen und Dürren, in ihrem Gefolge humanitäre Krisen und eine politische Radikalisierung in den am meisten betroffenen Regionen, haben die Staaten zu einem entschlossenen Umsteuern veranlasst. Weltweit werden nachhaltige, klimafreundliche Energiesysteme ausgebaut, die auf Wind-, Solar- und Wasserkraft setzen. Selbst in Phasen abflauender wirtschaftlicher Dynamik und während handfester ökonomischer Krisen werden die ökologischen Ziele nicht mehr zurückgesteckt – auch weil die wirtschaftlichen Potentiale einer nachhaltigen Energiepolitik wie niedrige Stromgestehungskosten, Unabhängigkeit von Importen und geringere Infrastrukturkosten zunehmend wahrgenommen werden.

Vor allem wissen die Regierungen ihre Bevölkerungen hinter sich. Die Verbraucher in Industrie- und Schwellenländern machen Druck. Auf den Märkten wird Nachhaltigkeit zum entscheidenden Wettbewerbskriterium. Nicht-nachhaltige Produktion wird als unethisch angesehen und abgelehnt. Die CO₂-Emissionen, die durch Herstellung und Transport von Produkten und Dienstleistungen entstanden sind, werden auf allen Produkten standardgemäß angegeben. Lesen Sie hierzu die Thesen 6, 7, 24 und 32.

UMSTEUERN IN CHINA UND INDIEN

In den beiden bevölkerungsreichsten Ländern der Welt, Indien und China, hat sich vor diesem Hintergrund ein tiefgreifender Wandel vollzogen. Die asiatischen Schwergewichte sind auf dem Weg, wirtschaftlich zu den Industriestaaten aufzuschließen und einige davon sogar zu überholen. Dabei entsteht eine wachsende urbane Mittelschicht, die selbstbewusst eine umweltverträgliche Entwicklung ihrer Länder fordert. Städtische Luftverschmutzung als spürbares Symptom eines überholten Entwicklungsmodells hat nicht nur Proteste der Mittelschicht ausgelöst. Die politischen Forderungen nach dem konsequenten Abbau der Umweltverschmutzung wurden

auch befeuert durch die hohen Kosten für die indische und die chinesische Volkswirtschaft und ihre Gesundheitssysteme. Die dreckige Luft mit hohem Feinstaubanteil, hervorgerufen vor allem durch die Verbrennung fossiler Energieträger zur Strom- und Wärmeerzeugung und für den Transport, ist zum wirtschaftlichen Problem geworden.

Aufgrund der Größe und Dynamik des chinesischen und des indischen Marktes entfaltet der Umstieg eine Wirkung, die weit über Asien hinausgeht. Die Nachfrage Chinas und Indiens nach Erdgas als Substitut für die Kohle befeuert zum einen den weltweiten Schiefergasboom; China selbst, aber auch Länder wie Argentinien, Algerien oder Südafrika dominieren neben den USA die Förderung. Zum anderen etabliert sich China selbst als weltgrößter Entwickler und Exporteur nachhaltiger Lösungen: die Elektromobilität erhält einen massiven Schub, befeuert durch das Ziel eines nachhaltigen Stadtverkehrs. Technologische Innovationen, vor allem in der Batterietechnik, führen dazu, dass sich die Reichweite von Elektroautos entscheidend verbessert. Die digitale Steuerung des Verkehrs und das Verschmelzen mit der städtischen Stromversorgung ermöglichen hohe Effizienzgewinne.

Die Energy Transition zahlt sich aus: Im Jahr 2040 führen jene Volkswirtschaften die stark auf Erneuerbare Energien gesetzt haben, die Liste der wettbewerbsstärksten Volkswirtschaften an. Der Boom der Erneuerbaren Energien hat es ihnen erlaubt, aus der Subventionierung fossiler Energieträger und von Atomkraft auszusteigen. Als Staaten mit einer eigenen Energiewende betreiben Indien und China eine aktive, konstruktive Klimapolitik – und sind treibende Kräfte bei der Umsetzung eines weltweiten Klimaregimes mit verbindlichen, ambitionierten CO₂-Reduktionszielen. Lesen Sie hierzu die Thesen 4, 8, 18, 36 und 46. ■

Globale Klimaschutz- vereinbarung zeigt Wirkung

Bis 2040 ist die Wende im weltweiten Klimaschutz vollzogen. Ein globales Regime, das die Gefahr einer weiteren unkontrollierten Erderwärmung bannen soll, ist endlich Realität. Industrie-, Entwicklungs- und Schwellenländer, große und kleine Emittenten von Treibhausgasen haben sich auf eine bindende Regelung zum Schutz des globalen Klimas verständigt, die nationale CO₂-Reduktionsziele festschreibt und deren Einhaltung überwacht. Die großen Industrie- und Schwellenländer sind die Verpflichtung eingegangen, ihren Ausstoß von klimaschädlichen Gasen stark zu verringern.

Durch den globalen Charakter des Klimaabkommens wird verhindert, dass klimaschädliche Industrien ihren Standort verlagern, um strengeren Vorschriften in einem Land zu entgehen und von lockeren Regelungen anderswo zu profitieren. Carbon Leakage, ein Problem regional begrenzter Klimaschutzregelungen, ist vermieden worden. Über regionale Preissysteme für CO₂-Emissionen in allen Wirtschaftszweigen wird der Ausstoß des Klimagases effektiv gesteuert und begrenzt. Dabei kommen verschiedene Modelle – Steuern, Zertifikats- und Handelsmechanismen – zum Tragen. Neben Europa und Nordamerika zählt auch China zu den Vorreitern bei der Umsetzung dieser Systeme. Lesen Sie hierzu die Thesen 11 und 12.

Funktionierendes Klima- regime treibt Investitionen

Die kontinuierliche Kostendegression und überlegene Wettbewerbsfähigkeit der Erneuerbaren Energien haben es den Staaten erleichtert, ohne Angst vor wirtschaftlichen Nachteilen einem weltweiten Klimaregime zuzustimmen. Durch die entschlossene Umsetzung eines solchen Abkommens und die Bepreisung von Emissionen hat sich das ökonomische Momentum der Erneuerbaren noch einmal verstärkt. Investitionsströme werden umgelenkt, enorme Summen fließen in Forschung und Entwicklung, um die neu entstehenden Märkte zu bedienen. Es sind zunehmend die Renditeerwartungen von Investoren und der Wunsch nach günstigem Strom,

die den Ausbau der regenerativen Energien vorantreiben. Wirtschaftlichkeit läuft als Hauptmotivation dem Klimaschutz den Rang ab – zum gemeinsamen Nutzen. Lesen Sie hierzu die These 9.

Technologische Innovationen

Auf Basis der intensiveren Forschung und der geänderten Anreizstruktur entsteht eine neue Generation von regenerativen Energietechnologien, die nicht nur über einen verbesserten Wirkungsgrad verfügt, sondern sich zudem durch niedrigere Preise auszeichnet. Die Photovoltaik, in Gebäudefassaden, Fenstern oder Gegenstände integriert, Stromspeicher sowie Informations- und Kommunikationstechnologien verändern dauerhaft die Spielregeln der Energiesysteme. Der weltweite Ausbau der Erneuerbaren Energien führt zu weiteren Skaleneffekten: Erneuerbare Energien in Verbindung mit Speichern weisen die geringsten Stromgestehungskosten auf. Lesen Sie hierzu die These 35. ■

NACHFRAGE NACH FOSSILEN ENERGIETRÄGERN BRICHT EIN

Mit dem tiefgreifenden politischen und technologischen Wandel im Energiesektor rückt 2040 die weltweite Transformation der Energiesysteme in Reichweite. Die vormals auf fossilen Energieträgern beruhende Energieerzeugung ist vielerorts bereits abgelöst worden durch ein stark dezentral geprägtes System auf der Basis von Erneuerbaren Energien. Die Energiewende ist nicht nur auf den Stromsektor beschränkt. Auch die Bereiche Wärme/Kühlung und der Transportsektor werden erfasst. So kommt es bis 2040 zu einer historisch beispiellosen Entwicklung: der Entkopplung der Nachfrage nach fossilen Energieträgern vom gesamten Energiebedarf. Obwohl sich der Energiebedarf der Industrie- und Schwellenländer verdoppelt, verbrauchen diese Länder weniger Öl, Kohle und Gas. Lesen Sie hierzu die Thesen 5 und 33.

GRÜNDE FÜR DEN NACHFRAGERÜCKGANG

Treiber ist ein weltweites Klimaregime, das den Staaten verbindliche und ambitionierte CO₂-Reduktionsziele auferlegt. Doch der politische Wendepunkt markiert gleichzeitig eine finanzielle Wende: Institutionelle Anleger haben sich aus fossilen Investitionen zurückgezogen und stecken ihre Budgets in Erneuerbare Energien – „fossile“ ebenso wie atomare Energie-Investments tragen ein zu hohes Risiko. Speziell in Europa wird diese Entwicklung durch eine politisch motivierte strategische Diversifizierung des Energiesektors verstärkt. Die Bedeutung von russischem Gas und Öl für den europäischen Energiesektor hat 2040 stark abgenommen.

Vor allem aber ist der wirtschaftliche Wettbewerb zwischen den Erneuerbaren Energien und fossilen Energieträgern 2040 zu Gunsten von Wind-, Sonne- und Wasserkraft entschieden. Ein Überschuss an günstiger, Erneuerbarer Energie hat zur Folge, dass Strom, Öl und Gas in vielen industriellen Prozessen, beim Heizen und in der Mobilität ersetzt. Ein technischer „Kipp-Punkt“ ist entstanden, als Elektromobilität mit neuer Speichertechnologie den Durchbruch geschafft hat. In Verbindung mit

Erneuerbaren Energien steht Mobilität auch in entlegenen Gebieten zur Verfügung, in die Treibstoffe früher aufwändig transportiert werden mussten. Lesen Sie hierzu die These 36.

DIE FOLGEN: DESTABILISIERUNG DER FÖRDERLÄNDER

Auch wenn der Nachfragerückgang die Förderländer nicht unvorbereitet trifft, so überrascht die Geschwindigkeit des Wandels vor allem jene Länder, deren Wirtschaftsmodell nach wie vor zum Großteil auf dem Verkauf von Öl und Gas beruht. Als Konsequenz aus dem raschen Wegbrechen wichtiger Exporterlöse und Staatseinnahmen brechen Wirtschaftskrisen aus, die in Kombination mit der Abwertung der nationalen Währungen und einer starken Inflation Arbeitslosigkeit, Armut und soziale Unruhen nach sich ziehen. Anhaltende soziale und politische Instabilität erschwert eine wirtschaftliche Neuorientierung. Unter den Förderländern bricht ein erbitterter Wettbewerb um Anteile an einem kleiner werdenden globalen Markt aus.

Die geopolitischen Gewichte verteilen sich neu: Getrieben durch den starken Ausbau von Erneuerbaren-Anlagen sind neue Knappheiten entstanden, zum Beispiel bei Silber, Kupfer und seltenen Erden. Einzelne Staaten und multilaterale Zusammenschlüsse, die sich rechtzeitig Ressourcen-Lieferabkommen sichern, verschaffen sich einen wichtigen Vorteil. Die Energy Transition bringt neue Chancen für Viele. Aber für Andere bringt sie neue Verwerfungen, volkswirtschaftliche Risiken und gefährliche Unwägbarkeiten mit sich. Lesen Sie hierzu die Thesen 16 und 21. ■

AFRIKA: TECHNOLOGIE ERLAUBT IMPORTUNABHÄNGIGKEIT

Für viele Entwicklungsländer ist die Energy Transition 2040 keine Systemwende, sondern sie erlaubt ihnen erst den Aufbau eines dezentralen, kostengünstigen und sicheren Versorgungssystems. Dies trifft zum Beispiel für viele Länder im südlichen Afrika zu, deren Elektrizitätsversorgung zuvor gekennzeichnet war durch niedrige Elektrifizierungsraten, wenige zentrale Kraftwerke sowie fragmentarische und überlastete Netzinfrastruktur.

Prägend für die Energiesysteme im Jahr 2040 sind dezentrale Erneuerbare Energien, die im Zusammenspiel mit Speichern „Energieinseln“ ermöglichen, die weitestgehend unabhängig von zentralen Verbundnetzen existieren. Weiterentwicklungen in der Photovoltaik und bei Speichertechnologien ermöglichen die Stromerzeugung zu Preisen, mit denen auch die effizientesten konventionellen Kraftwerke nicht konkurrieren können. Dezentrale Erneuerbare Energien spielen dort ihre Stärken aus, wo nur eine rudimentäre Energieinfrastruktur besteht, da sie nicht auf komplexe Übertragungs- und Verteilnetze angewiesen sind. Entwicklungsländer südlich der Sahara, mit schwach ausgeprägtem Verbundnetz, profitieren davon. Für Installation, Wartung und Betrieb ist kein Expertenwissen mehr erforderlich. Über Online-Trainings werden alle nötigen Kenntnisse – auch im Störfall – vermittelt.

Ein zentraler Faktor ist der vereinfachte Zugang zu Kapital, auch in Form von Kleinstkrediten. Internationale Fonds, die sich aus Mitteln der Klimafinanzierung speisen, haben sich auf den Bedarf eingestellt und bieten Mikrofinanzierungen an. Crowdfunding-Plattformen schließen die Lücke in der Problemzone Finanzierung und stellen sowohl Equity als auch Debt zur Verfügung.

Nicht alle Länder Afrikas haben 2040 die Chancen schon nutzen können. Dennoch: viele Faktoren deuten auf ein dezentrales, größtenteils auf Erneuerbaren Energien basierendes Energiesystem gerade in dezentral geprägten afrikanischen Staaten hin. Als Illusion erwiesen hat sich dagegen die Vorstellung, dass die Kernenergie eine Alternative sein könnte: Sie wird aufgrund unkalkulierbarer Kosten nicht mehr in Betracht gezogen, langwierige Rückbauprojekte in den Industrieländern schrecken ab. Auch wenn Kohle, Öl und Gas auch 2040 noch günstig verfügbar

sind – das Momentum der Erneuerbaren Energien wird dadurch kaum gefährdet. Die mit der Nutzung eigener Erneuerbarer Ressourcen einhergehende Unabhängigkeit von Energieimporten, deren Wirtschaftlichkeit auf der einen Seite und die hohen Kosten für den Aufbau und Unterhalt einer fossilen, zentralen Infrastruktur auf der anderen Seite, sind die stärkeren Argumente. Entwicklungsländer befreien sich durch ihre eigene, spezifische und auf ihre Situation zugeschnittene Energy Transition nicht nur von der Abhängigkeit von Energieimporten oder ausländischem Know-how, sondern sie halten auch ihre Energiepreise langfristig stabil. Lesen Sie hierzu die Thesen 35 und 38.

BLÜHENDE LANDSCHAFTEN ODER FORTSCHREITENDE VERSTÄDTERUNG?

Der fehlende Zugang zu Energie für Beleuchtung, Wärme, Kühlung, Kochen und Kommunikation – Entwicklungshemmnis für mehr als zwei Milliarden Menschen – ist 2040 durch die Nutzung dezentraler Erneuerbarer weithin überwunden. Sie ermöglicht die Entwicklung von kleinen Unternehmen und größerem Gewerbe, etwa in der Trocknung, Kühlung und Weiterverarbeitung von Nahrungsmitteln. Der Betrieb von Gesundheitsstationen wird möglich, und der Zugang zu Kommunikation und Beleuchtung ermöglicht Bildung und Training. Viele ländliche Kommunen und Gemeinden Afrikas haben sich 2040 durch diese lokale Wertschöpfung von den Transferleistungen der zentralstaatlichen Ebene unabhängig gemacht. Entscheidungen über lokale Investitionen wie der Bau von Straßen oder Gemeindezentren werden vermehrt selbst in die Hand genommen und an lokalen Bedürfnissen ausgerichtet. Mit der wirtschaftlichen geht eine politische Aufwertung von Kommunen einher, mit der Chance einer zusätzlichen sozialen und gesellschaftlichen Teilhabe und Stabilisierung.

Im Jahr 2040 halten Länder, die auf ein dezentral geprägtes Energiesystem setzen, einen weiten Trumpf: eine erhöhte Versorgungssicherheit aufgrund größerer Resilienz gegenüber Naturkatastrophen oder Terrorakten. Viele – nicht alle – Entwicklungsländer in Afrika sind 2040 in der Lage, eigene technologische Lösungen für ihre Bedarfe zu entwickeln. Das bedeutet auch den Aufbau von betriebswirtschaftlichem und technischem Know-how sowie Einrichtungen für Forschung und Entwicklung. Lesen Sie hierzu die Thesen 23, 29 und 45. ■

SPEICHER SIND DIE „GAME CHANGER“

Im Zentrum aller Technologien, die Grundlage für die Energy Transition sind, stehen Speicher. Nach einem rapiden Preisverfall sind vor allem leistungsfähige, dezentrale Stromspeicher – also Batterien – günstig, ubiquitär verfügbar und leicht zu installieren. Sie puffern in Solarcontainern im ländlichen Afrika die Stromproduktion ab, haben aber auch in den Industrieländern auf breiter Basis die Systemdienstleistungen an der Seite der Erneuerbaren übernommen und darin die fossilen Kraftwerke abgelöst. In der Elektromobilität haben sie die Welt gleich komplett verändert: 2040 kommt die neueste Generation von Elektroautos auf eine Reichweite von bis zu 3.000 Kilometern, die Aufladung erfolgt induktiv. Verbrennungsmotoren werden in der Folge kaum noch verkauft. Stattdessen ist ein globaler Second Life Market für gebrauchte, immer noch leistungsfähige E-Mobility-Batterien entstanden, der den Preisrückgang dieser Technologie noch unterstützt. Die zu Beginn des Jahrhunderts bekannte Dynamik des Preis-Leistungsverhältnisses bei Computerchips gilt zu dessen Mitte auch für Stromspeicher.

Stromspeicher bilden das Zentrum eines dynamisch sich selbst befeuernden, technologischen Clusters. Sie verstärken die Dezentralisierung der Stromerzeugung und ermöglichen die wirtschaftliche Nutzung neuer Generationen der Photovoltaik – etwa Dünnschicht auf Fassaden. Die zur Vernetzung und Stabilisierung notwendige Informations- und Kommunikationstechnologie bildet einen weiteren verstärkenden Faktor. Und in der Elektromobilität zeigt sich die extreme Variabilität der neuen Technologien: Die Elektromobile sind Speicher, Puffer, Steuerungsmodul und Anwendung zugleich. Die konsequente Weiterentwicklung der Technologien hat dazu geführt, dass leistungsfähige Erneuerbare-Anlagen im Einzelhandel verfügbar werden und selbst installiert werden können. So steigt die Zahl der „Prosumer“ weiter stark – die Anlagen werden zum Lifestyle-Produkt. Und die dezentrale Struktur hat weitere gesellschaftspolitische Konsequenzen: Kommunen und soziale Bottom-up-Bewegungen werden gestärkt. Nicht nur in Entwicklungs- und Schwellenländern, sondern gerade auch in den Industrieländern.

Die enorme Menge an Steuerungsdaten in den dezentralen Energiesystemen ruft IT-Unternehmen auf den Plan, die hier ihre Trümpfe ausspielen und

ihr Know-how einbringen können. Die Steuerung des volatilen Strommarktes erfordert eine hohe Kompetenz in der automatisierten Datenverarbeitung: Geprägt durch eine hohe Auflösung im Strommarkt, leistungsgemessene Kunden und „Real Time Pricing“ werden intelligente Zähler und Endgeräte den Verbrauch optimieren. Auch im Bereich des Energiehandels wird ein an den klassischen Börsenhandel angelehntes vollautomatisiertes Handelssystem erwartet. Die Risiken: Mit zunehmender Digitalisierung steigt die Gefahr, dass Datenkriminalität und Cyberterrorismus die Märkte verunsichern. Die Schaffung von Rahmenbedingungen für intensive Sicherheitsvorkehrungen wird eine zentrale, regulatorische Aufgabe, um Versorgungssicherheit zu gewährleisten und so international wettbewerbsfähig zu bleiben.

Auch Volkswirtschaften mit großem industriellem Strombedarf setzen große Stromspeicher – Batteriekraftwerke – zur Sicherung der Systemstabilität ein. Die erheblichen Überkapazitäten beim Erneuerbaren Strom werden durch Sektorkopplung nutzbar gemacht – es entsteht eine „All-Electric-Society“, in der auch bei Wärme und Mobilität die fossilen Energieträger durch erneuerbar erzeugten Strom ersetzt werden. Volkswirtschaften, in denen die Elektrifizierung ganzer Regionen erst noch vorangetrieben werden muss, bauen eine dezentrale Energieversorgung in Zellenstruktur auf. Lesen Sie hierzu die Thesen 33, 34, 38, 51, 53, 54 und 55. ■

NEUE REGULIERUNGSREGIME SIND ENTSTANDEN

Energiepolitisch ist Europa im Jahr 2040 ein entscheidender Global Player. Die Union verfügt über eine gemeinsame Energie-Außenpolitik. Und sie spielt mithilfe gemeinsamer strategischer Infrastruktur-Investitionen und auf Basis von Ressourcen-Lieferabkommen mit Drittstaaten im globalen Wettbewerb um knapper werdende, in der neuen Energiewelt herausragend wichtige Rohstoffe wie Silber, Kupfer und seltene Erden mit. Nach innen hat die Union eine weitgehend harmonisierte Energie-Innenpolitik entwickelt. Basis dafür ist eine hocheffiziente Vernetzung per Supergrid – die europäische „Kupferplatte“. Europa hat die ökonomischen Chancen der Energy Transition besonders gut genutzt.

Für den „alten“ Kontinent gilt mehr als für andere, dass Energieerzeugung, Netze und Energiehandel überregional organisiert werden. Die dominierende Logik ist die optimale Nutzung gemeinsamer Ressourcen durch grenzüberschreitende Infrastrukturen. So vernetzt das „North Sea Grid“ die größten Produzenten von Windenergie mit norwegischen Speichern und den großen Verbrauchszentren des Kontinents.

Die Verstaatlichung der Energieversorgung hat sich als Gegenmodell weltweit nicht durchgesetzt, nicht nur in Europa ist die nationale Abschottung der Energieversorgung keine Option mehr, weil die Erneuerbaren Energien andere Strukturen verlangen. Statt dessen sind in Europa, aber auch in Nord- und Südamerika und in den ASEAN-Staaten neue, multilaterale Governance-Strukturen entstanden, ausgehend von der Optimierung der Energieversorgung und den Anforderungen der neuen Systeme. Sie dienen einem Zweck: der grenzüberschreitenden Integration von Energiesystemen und der Umsetzung gemeinsamer Infrastrukturinvestitionen – vor allem in Netze und Flexibilitätsoptionen. Diese Kooperationen und neuen Governance-Strukturen haben auch die Umsetzung regionaler Preissysteme für CO₂-Emissionen erleichtert bzw. erst möglich gemacht.

Unterhalb des multinationalen und des überregionalen Governance-Levels ist eine dritte Ebene der Selbstregulierung entstanden, in der „Prosumer“, flexible Erzeuger, Netzbetreiber, Datenmanager

und gesellschaftliche Gruppen kooperieren, um die dezentrale Erzeugung vor allem in den Städten zu organisieren. Die Hoffnung, dezentrale Erneuerbare Energie könne die demokratische Selbstorganisation auf der lokalen Ebene stärken, hat sich erfüllt. Allerdings mit der größten Dynamik dort, wo Know-how, Ressourcen, Infrastrukturen und gesellschaftliche Basis schon zuvor stark waren: In den urbanen Zentren Europas und Nordamerikas. Dort machen sich die Bürger daran, ihre Städte in hocheffiziente „Sustainable Cities“ umzubauen, die mit stark reduzierter individueller Mobilität auskommen und ihren Eigenbedarf weitgehend durch „Prosuming“ – ergänzt durch kleiner und flexibler gewordene Kraftwerke – und in intelligenten Microgrids decken – per „Neighbourhood Generation“.

Die Energieversorgung hat in Europa und Nordamerika, aber auch in Teilen Chinas und Asiens, eine Zellenstruktur angenommen. Miteinander verbundene „Inseln“ von der Größe einer Stadt oder mittleren Region beziehen ihre Energie aus Sonne, Wind, Speichern und geringer, flexibler konventioneller Reserve, letztere vor allem in Form von Gaskraftwerken. Lesen Sie hierzu die Thesen 13, 14, 15, 18, 29, 38 und 39. ■

DIE ÖKONOMISCHE EMANZIPATION DER ENERGY TRANSITION

Klimaschutz, der Zusammenhang von Umwelt- und sozialen Katastrophen ist auch in 25 Jahren noch einer der entscheidenden Treiber für die Energy Transition. Dass ein funktionierendes internationales Klimaschutzabkommen etabliert wurde, ist Ergebnis dieser Debatten. Aber daneben beginnt sich die Energy Transition von ihrem eigentlichen Begründungszusammenhang zu emanzipieren. Es sind nicht mehr nur klimapolitische Argumente, sondern auch industrie- und entwicklungspolitische Argumente und Trends, die sie treiben. Die entsprechenden Investments in Erneuerbare, in die notwendigen Infrastrukturen wie Speicher und Netze sowie in dezentrale Strukturen der Energieerzeugung werden zunehmend angetrieben von einer Vielzahl gesellschaftlicher, technischer und ökonomischer Trends, die alle in dieselbe Richtung zeigen. Ökonomische und volkswirtschaftliche Argumente sind stark genug, um auch dort den Umbau voranzutreiben, wo das Argument des Klimaschutzes nur auf schwache Resonanz trifft.

Zu diesen Trends gehört etwa der enorme Druck, den die Mittelschichten in Ländern wie China in Richtung Umweltschutz entfalten. Oder das Interesse afrikanischer und asiatischer Länder, mit Hilfe einer flexiblen und belastbaren dezentralen Energieversorgung durch Photovoltaik plus Batteriespeichern die Landflucht zu stoppen. Die Chance auf ein „Leapfrogging“ treibt die Energy Transition insbesondere in Afrika voran. Mit Hilfe von Erneuerbaren ist es vielen Ländern gelungen, trotz infrastruktureller Defizite eine resiliente dezentrale Energieversorgung aufzubauen. Und nicht zuletzt sind im Jahr 2040 Erneuerbare Energien in Verbindung mit preiswerten, leistungsfähigen Speichern die kostengünstigste Art der Stromerzeugung. Großtechnische und zentrale, hochsubventionierte Erzeugung dagegen überlastet die Budgets vieler Staaten – die deshalb allein aus fiskalischen Gründen aus der fossilen Technologie ausgestiegen sind.

Länder, die stark auf Erneuerbare gesetzt haben, stehen 2040 erheblich besser da als noch ein Vierteljahrhundert zuvor. Die Liste der wettbewerbsstärksten Volkswirtschaften der Welt wird

von ihnen dominiert. Zumal die Energy Transition nicht nur den Umstieg auf klimafreundliche Energie bedeutet, sondern auch den Umstieg auf Energie zu Grenzkosten nahe Null. Das hat Konsequenzen für das gesamte Wirtschaftsmodell: Überschuss-Strom sorgt mit für Mobilität und Wärme, ersetzt Erdöl auch in vielen industriellen Prozessen und eröffnet neue Möglichkeiten in der Chemie. Die „All Electric Society“ ist 2040 in vielen Ländern bereits Realität.

Die neue, erneuerbare Ökonomie ist allerdings nicht durchweg eine „schöne neue Welt“. Eine neue ökonomische Logik ist entstanden – eine ökonomische Logik ist es dennoch. Neue Knappheiten entstehen, weil der weltweite Ausbau Erneuerbarer Energien und der dazugehörigen Infrastrukturen (Smart Grids, Speicher) zur Verknappung wichtiger Rohstoffe wie Silber, Kupfer und seltenen Erden führt. Zahlreiche Industrie- und Schwellenländer konkurrieren deshalb um strategische Rohstoffpartnerschaften mit Ressourcenstaaten – während die klassischen Förderländer fossiler Rohstoffe in Krisen zu versinken drohen. Lesen Sie hierzu die Thesen 1, 8, 18, 21, 33, 35 und 45. ■

AUSWERTUNG

Insgesamt haben sich über 350 Experten aus über 40 Ländern an der Bewertung der Delphi-Thesen beteiligt. Jeder Experte wurde zweimal nach seinen Bewertungen gefragt, wobei in der zweiten Runde die Möglichkeit bestand, die anonymisierten Bewertungen anderer Teilnehmer einzusehen und die eigenen Einschätzungen zu ändern oder zu präzisieren.



ZUSAMMENSETZUNG DES DELPHI-EXPERTENPANELS

Fast die Hälfte der Antworten kommt von Frauen. Fast alle Teilnehmer sind aufgrund des gewünschten Experten- und Entscheider-Status über 35 Jahre alt, 53% über 50 Jahre. Der überwiegende Teil der Experten stammt aus Deutschland und Europa, aber auch andere Regionen sind vertreten: Asien, Afrika, Nord-, Mittel- und Südamerika und der Nahe Osten. Die Privatwirtschaft und Verbände sowie der öffentliche Sektor sind am stärksten vertreten. Aber auch zahlreiche Repräsentanten der Wissenschaft und der Zivilgesellschaft haben sich beteiligt. Auch gehören die Experten sehr unterschiedlichen Branchen an: Neben der meistgenannten Kategorie, der Energiepolitik und den verschiedenen Wertschöpfungsstufen der Energiewirtschaft waren bspw. auch Entscheider aus den Branchen IT, Chemie, Finanzdienstleistungen, Städteplanung und Medien beteiligt.

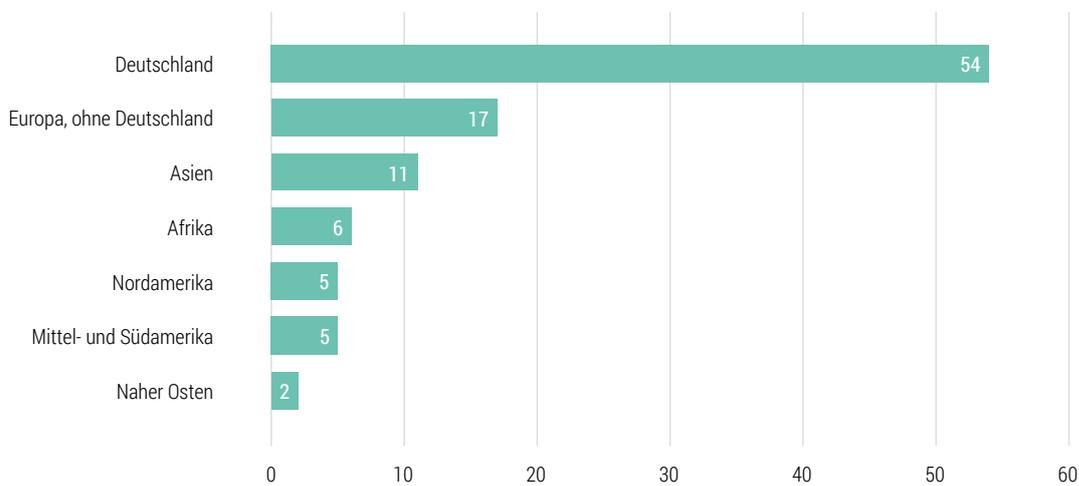
GESCHLECHT (IN %)



SEKTOREN (IN %)



REGIONEN (IN %)



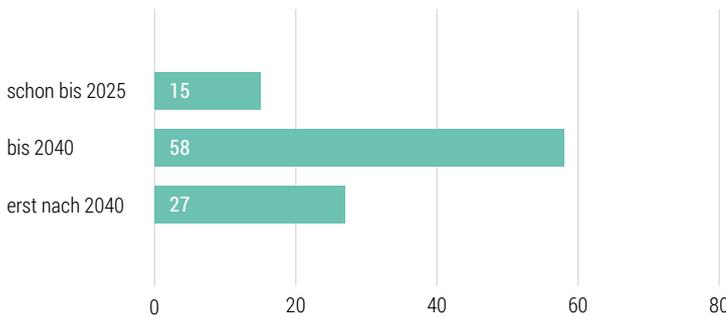
THESE 1

Im Jahr 2040 sind Entwicklungs- und Schwellenländer aus der Subventionierung der fossilen Energieträger und der Atomkraft ausgestiegen, weil diese ihre Staatshaushalte überfordert.

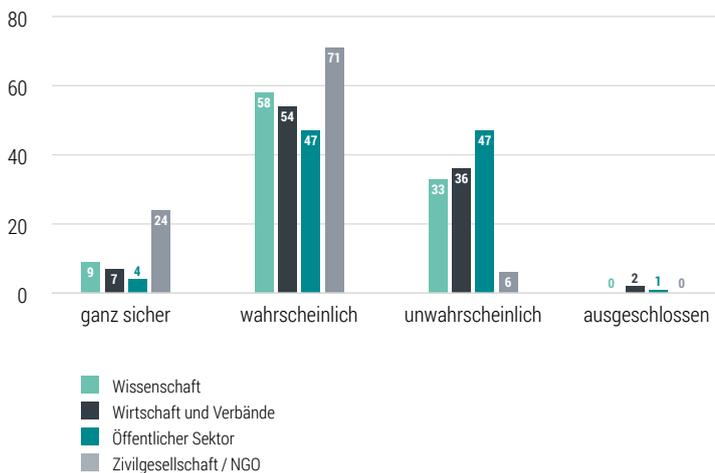
TRITT DIESE THESE EIN?



BIS WANN TRITT DIE THESE EIN? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



SCHWELLENLÄNDER STEIGEN UM

Eine Mehrheit der Experten geht davon aus, dass im Jahr 2040 Entwicklungs- und Schwellenländer auf breiter Front aus der Subventionierung fossiler und atomarer Energieträger ausgestiegen sein werden – aus volkswirtschaftlichen und fiskalischen Gründen. Vertreter des gesellschaftlichen Sektors und von NGOs sind dabei wesentlich optimistischer als Experten des öffentlichen Sektors. Deutsche Experten sind deutlich skeptischer als nicht-deutsche Experten.

ERNEUERBARE ENERGIEN SIND ECHE ALTERNATIVE

Diese Bewertung korreliert mit der Einschätzung an anderer Stelle: Länder, die auf Erneuerbare Energien gesetzt haben, gehören 2040 zu den erfolgreichsten Volkswirtschaften (These 18). Volkswirtschaftliche Vorteile und die Unabhängigkeit von Importen fossiler Brennstoffe werden bis 2040 zu einem wesentlichen Treiber der Energy Transition (These 9). Zumal nach Einschätzung der Experten Erneuerbare plus Speicher weltweit die günstigsten Stromgestehungskosten haben (These 35) – was sie zur echten Alternative macht, insbesondere auch für Entwicklungsländer (These 45).

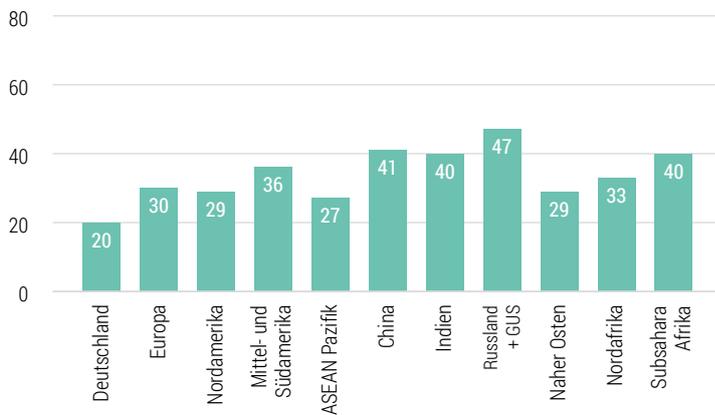
THESE 2

Im Jahr 2040 haben nach einer Reihe ökonomischer Krisen zahlreiche Staaten ihre ökologischen Ziele weit zurück gesteckt: Klimaschutz ist nachrangig, Wachstum und Beschäftigung sind vorrangig.

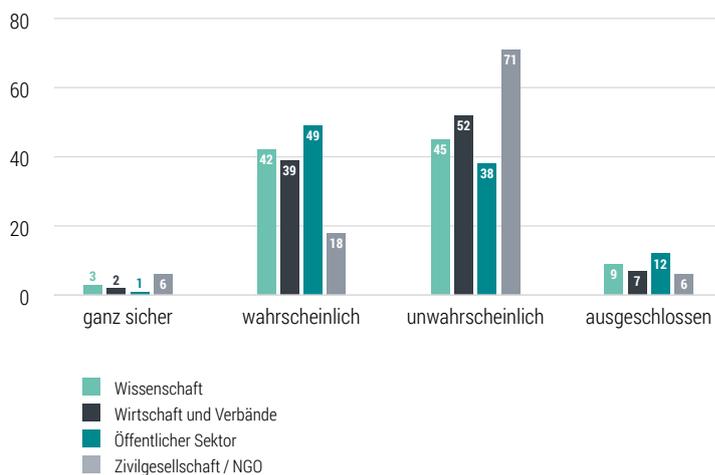
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



KLIMASCHUTZ TROTZ WIRTSCHAFTSKRISE

Mehr als die Hälfte der Experten denkt, dass Klimaschutz auch in Zeiten abgeschwächter Konjunktur ein vorrangiges Ziel vieler Länder bleibt – insbesondere in Europa, Nordamerika und ASEAN/Pazifik. Allerdings ist auch eine große Gruppe vom Gegenteil überzeugt. Vor allem mit Blick auf Russland, Afrika, China und Indien wird für realistisch gehalten, dass diese Regionen der Krisenbewältigung Vorrang geben. Vor allem Vertreter des gesellschaftlichen Sektors halten den klimapolitischen Impetus für stark genug, sich auch in Wirtschaftskrisen zu behaupten.

UMDENKEN FINDET STATT

Dass Klimaschutz auch in ökonomisch schwierigen Phasen Priorität hat, gewinnt an Plausibilität durch die mehrheitliche Einschätzung, dass 2040 ein weltweites Klimaschutzregime in Kraft sein wird (These 11). Zumal die große Mehrheit der Befragten von einem Zusammentreffen ökologischer Katastrophen ausgeht, das zu einem grundsätzlichen Umdenken führt (These 7). Auch schätzt die große Mehrheit den Einfluss der Mittelschichten in Richtung eines stärkeren Klima- und Umweltschutzes als entscheidend ein (These 8).

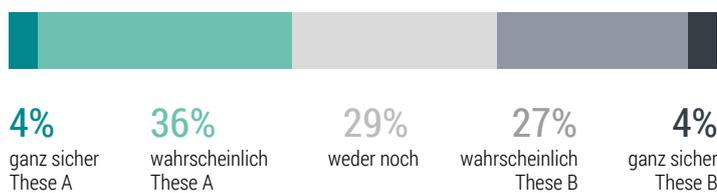
THESE 3

A: Im Jahr 2040 sind die Preise für fossile Energieträger aufgrund eines langfristigen Überangebots auf niedrigem Niveau.

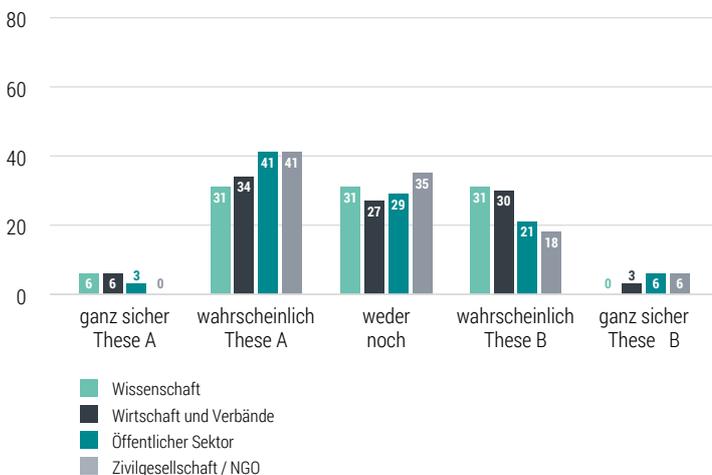
VERSUS

B: Im Jahr 2040 sind die Preise für fossile Energieträger exorbitant gestiegen, aufgrund zunehmender Knappheit.

WELCHE DER BEIDEN THESEN (A, B) TRITT EIN?



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



UNSICHERHEIT ÜBER BRENNSTOFFPREISE

Hinsichtlich der langfristigen Entwicklung der Preise für fossile Energieträger ergibt sich kein eindeutiges Bild. Fast ein Drittel traut sich keine eindeutige Einschätzung zu oder sieht eine uneinheitliche Entwicklung. Zwischen den Sektoren gibt es keine bedeutenden Abweichungen im Antwortverhalten.

ENERGY TRANSITION UNABHÄNGIG VON PREIS-ENTWICKLUNG

Verschiedene weitere Thesen beziehen sich direkt oder indirekt auf die Brennstoffpreise. So geht zwar die Mehrzahl der Experten von einer langfristigen Verdoppelung des weltweiten Energiebedarfs aus (These 5), was steigende Preise zur Folge haben müsste. Auf der anderen Seite sieht ebenfalls die größere Gruppe der Experten die Exploration von Schiefergas sowie den Ausbau erneuerbarer Energien als weltweites Phänomen (These 4 und 7). Entscheidend ist: Die Auswertung aller entsprechenden Thesen lässt den Schluss zu, dass die Energy Transition durch niedrige Rohstoffpreise kaum gebremst wird, zumal internationale und regionale Preissysteme für CO₂-Emissionen Wirkung entfalten werden (Thesen 11 und 12).

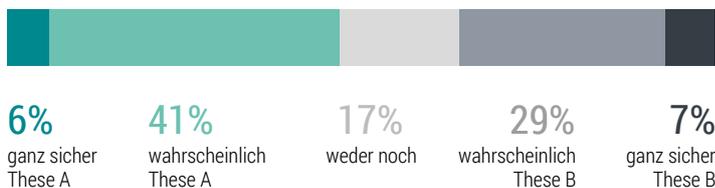
THESE 4

A: Im Jahr 2040 ist die „Shalegas-Revolution“ ein weltweites Phänomen; Länder wie China, Argentinien, Algerien oder Südafrika dominieren neben den USA die Förderung.

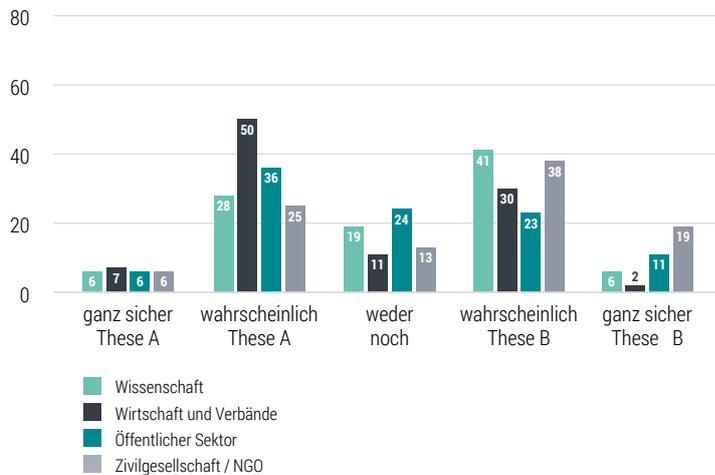
VERSUS

B: Im Jahr 2040 ist der von den USA ausgegangene Fracking-Boom nach nur wenigen Jahren vorbei und hat nur geringe Spuren in der Entwicklung der weltweiten Energiesysteme hinterlassen.

WELCHE DER BEIDEN THESEN (A, B) TRITT EIN?



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



„SHALEGAS-BOOM“ HÄLT AN

Der größte Teil der Experten hält es für wahrscheinlich, dass nach den USA zahlreiche weitere Förderländer auf Schiefergas setzen. Vor allem Experten aus Wirtschaft und öffentlichem Sektor haben diese Erwartung, während die Vertreter des gesellschaftlichen Sektors und der Wissenschaft davon ausgehen, dass der Fracking-Boom stark nachlassen wird.

NEGATIV-EFFEKT AUF KLASSISCHE FÖRDERLÄNDER

Wird die „Shalegas-Revolution“ zum weltweiten Phänomen, begünstigt dies, dass Preise für fossile Energieträger niedrig bleiben (These 3). Für klassische Förderländer hätte dies eher negative Auswirkungen (These 20). Zudem stützt dies beispielsweise die Erwartung, dass die Bedeutung Russlands als Gaslieferant für Europa abnimmt (These 22).

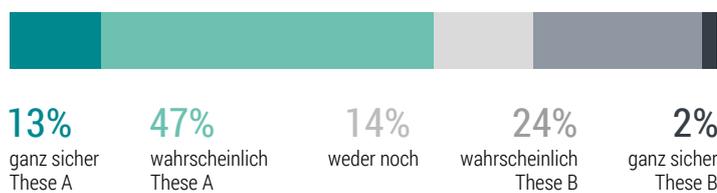
THESE 5

A: Im Jahr 2040 hat sich der weltweite Energiebedarf im Vergleich zum Jahr 2015 verdoppelt, getrieben durch globales wirtschaftliches Wachstum und einen Anstieg der Mobilität.

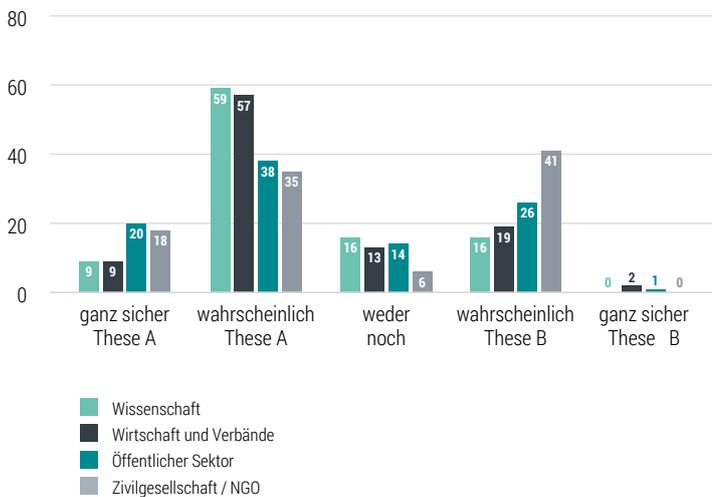
VERSUS

B: Im Jahr 2040 haben weltweit Anstrengungen im Bereich Effizienz den Anstieg des Energieverbrauchs gestoppt.

WELCHE DER BEIDEN THESEN (A, B) TRITT EIN?



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



DER WELTWEITE ENERGIEBEDARF VERDOPPELT SICH

Die deutliche Mehrheit der Experten hält es für sicher oder zumindest wahrscheinlich, dass sich der weltweite Energiebedarf bis 2040 verdoppeln wird. Am größten ist die Zustimmung bei Wissenschaftlern, am geringsten bei Vertretern des gesellschaftlichen Sektors und von NGOs. Nur rund ein Viertel traut einer weltweiten „Effizienz-Revolution“ zu, diese Entwicklung zu kompensieren.

DYNAMIK MIT SCHATTENSEITEN

Ein Großteil des wachsenden Energiebedarfs entsteht in Entwicklungs- und Schwellenländern, die daher verstärkt auf günstige und bedarfsgerechte erneuerbare Lösungen setzen könnten (These 35 und 45). Viele Experten sehen auch in sich stark verbreitenden Komfortlösungen für private Haushalte einen Treiber des Energiebedarfs (These 25). Betrachtet man diese Einschätzungen in Verbindung mit dem erwarteten weltweiten Ausbau Erneuerbarer Energien, so ist dies durchaus nicht unproblematisch: Die Mehrheit der Experten sieht als Resultat aus der wechselseitigen Dynamik von Energieverbrauch und Energy Transition neue Knappheiten – bei Rohstoffen, die auch für die neue Energiewelt gebraucht werden (These 21).

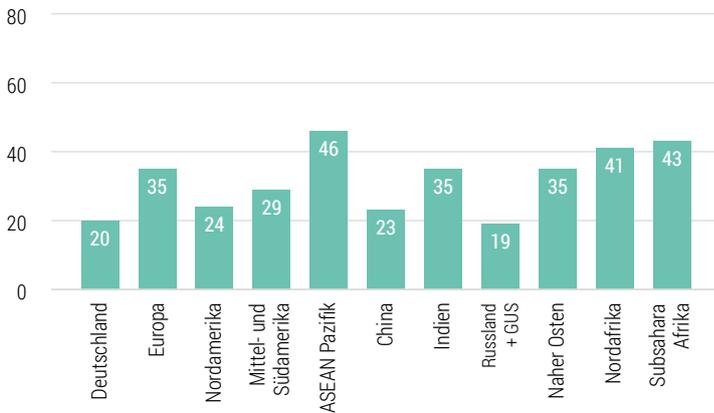
THESE 6

Im Jahr 2040 haben ökologisch bedingte, humanitäre Krisen wie der Untergang ganzer Küstenregionen und die Umsiedelung von Millionen von Flüchtlingen weltweit zur Bildung radikaler politischer Bewegungen geführt.

TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



HUMANITÄRE KRISEN WAHRSCHEINLICH

Ökologisch bedingte, humanitäre Krisen sind aus Sicht von weit über der Hälfte der Befragten ein realistisches Szenario, mit der Folge radikaler Bewegungen überall auf der Welt. Als am stärksten betroffene Regionen werden Südostasien sowie Nord- und Subsahara Afrika genannt. Vertreter des öffentlichen und gesellschaftlichen Sektors schätzen das Eintreffen der These weitaus wahrscheinlicher ein als Wissenschaftler und Wirtschaftsvertreter.

KLIMASCHUTZ BLEIBT PRIORITÄT

Wenn folgenreiche ökologische Katastrophen wie Überschwemmungen auf den Klimawandel zurückgeführt werden, erhöht das den Druck auf die Politik. Der Klimaschutz bleibt deshalb politische Priorität (These 2). Nachhaltige Energiesysteme werden politisch forciert (These 7), ebenso ein weltweites, ambitioniertes Klimaregime (These 11).

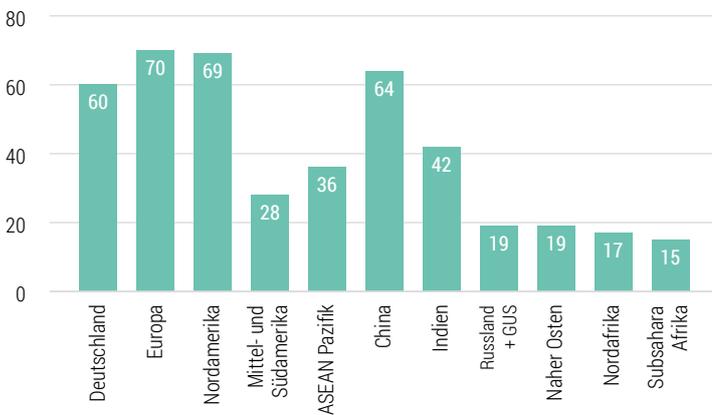
THESE 7

Im Jahr 2040 hat ein Zusammentreffen ökologischer Katastrophen bei den größten CO₂ emittierenden Ländern zu einem entschlossenen Umsteuern geführt; nachhaltige Energiesysteme wurden ausgebaut, die Bekämpfung des Klimawandels dominiert die Wirtschafts- und Energiepolitik.

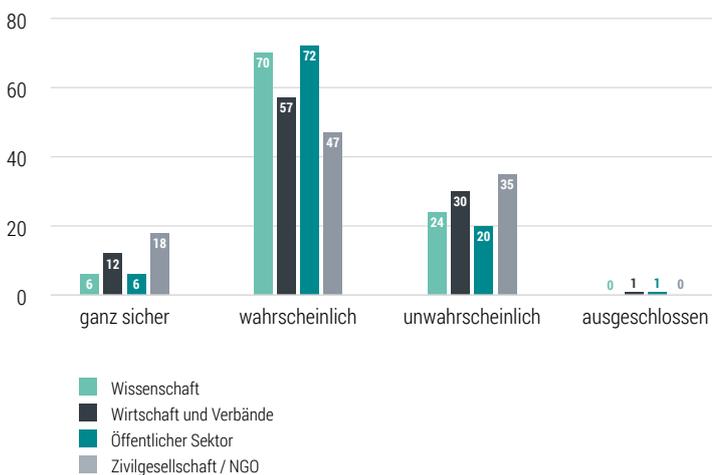
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



UMSTEUERN DER WICHTIGSTEN LÄNDER

Eine große Mehrheit der Experten hält ein Szenario für wahrscheinlich, nach dem (erst) das bereits in These 6 konstatierte Zusammentreffen von klimatisch bedingten Katastrophen zu einem Umdenken bei den entscheidenden Ländern führt. Es fällt auf, dass nicht-deutsche Befragte die Eintrittswahrscheinlichkeit höher einschätzen als deutsche Experten. Erwartet werden politische Konsequenzen vor allem für Europa, Nordamerika und China.

GESELLSCHAFTLICHER DRUCK WÄCHST

In dieses Szenario passt auch der umwelt- und klimapolitische Druck, der seitens der wachsenden Mittelschichten in Indien und China erwartet wird (These 8). Auch die Durchsetzung eines internationalen Klimaregimes und regionaler CO₂-Preissysteme geht auf diesen Trend zurück (Thesen 11 und 12). Der gesellschaftliche Druck für mehr Nachhaltigkeit wächst und wird zum entscheidenden Faktor in vielen Ländern (Thesen 24 und 26).

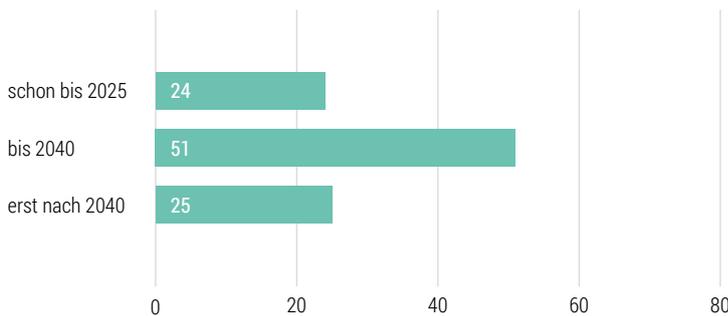
THESE 8

Im Jahr 2040 hat in Schwellenländern wie China und Indien die wachsende Mittelschicht den Umstieg auf eine nachhaltige Energiepolitik erzwungen. Die Bekämpfung der Umweltverschmutzung hat oberste politische Priorität, der wachsende Energiebedarf wird verstärkt durch erneuerbare Energien gedeckt.

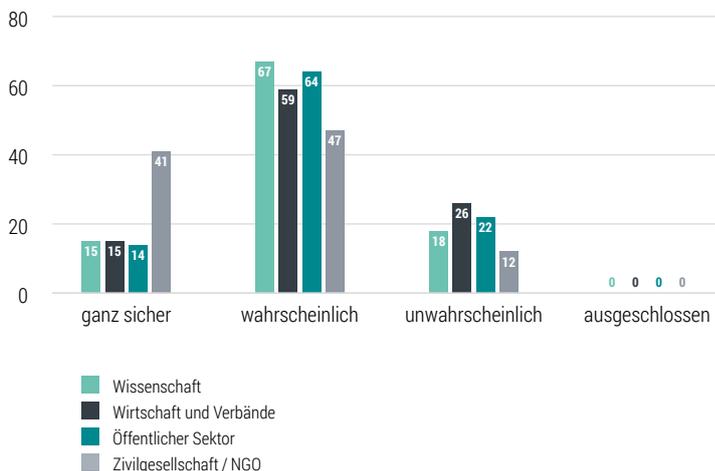
TRITT DIESE THESE EIN?



BIS WANN TRITT DIE THESE EIN? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



CHINA UND INDIEN: MITTELSCHICHT MACHT DRUCK

Gesellschaftliche Entwicklung und Wertewandel in den großen Schwellenländern Indien und China werden von den allermeisten Experten als wichtige Treiber einer dortigen Energie- wende betrachtet, deren Eintritt von einem Viertel der Experten bereits vor 2040 erwartet wird. Die verschiedenen Sektoren sind sich dabei weitgehend einig. Allerdings sind die Vertreter des gesellschaftlichen Sektors noch optimistischer.

WEITREICHENDE EFFEKTE

Eine konsequente nachhaltige Energiepolitik in Schwellenlän- dern wie China und Indien kann weitreichende globale Auswirkun- gen haben. Sie begünstigt das Zustandekommen eines welt- weiten Klimaregimes (These 11) ebenso wie den Aufstieg Chinas zum weltgrößten Entwickler nachhaltiger Energietechnologien (These 46). Aufgrund der großen entstehenden Märkte profitieren auch jene Länder, die frühzeitig auf diese Technologien gesetzt haben (These 18).

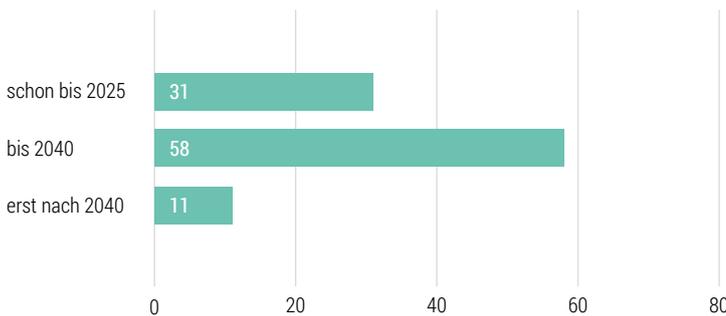
THESE 9

Im Jahr 2040 sind Wirtschaftlichkeit, Importunabhängigkeit und Interessen von Investoren die wichtigsten Treiber des nachhaltigen Umbaus der Energieversorgung. Der Klimaschutz tritt als Antrieb und Begründung in den Hintergrund.

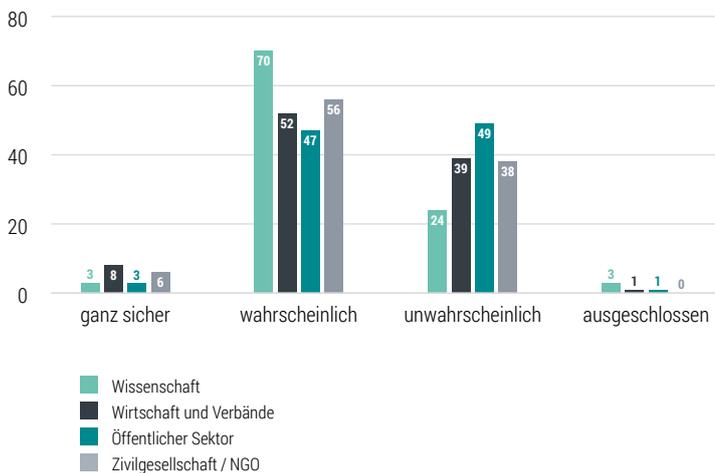
TRITT DIESE THESE EIN?



BIS WANN TRITT DIE THESE EIN? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



WIRTSCHAFTLICHKEIT TREIBT DIE ENERGY TRANSITION

Eine Mehrheit der nicht-deutschen Experten erwartet, dass die Energy Transition im Jahr 2040 allein aus ökonomischer Sicht in vielen Ländern ein Selbstläufer sein wird. Preiswerte Erneuerbare Energie wird ein Wirtschaftsfaktor sein, ebenso wie die Unabhängigkeit von Importen. Dieser Effekt setzt nach Ansicht vieler Experten bereits früh ein. Lediglich Befragte aus dem öffentlichen Sektor sind hier im Durchschnitt etwas skeptischer.

WIN-WIN-SITUATION: KLIMASCHUTZ UND ÖKONOMIE

Diese These ist in Zusammenhang zu sehen unter anderem mit These 7, bei der eine Mehrheit von einer weiterhin hohen Bedeutung des Argumentes Klimaschutz ausgeht. Ein Widerspruch nur auf den ersten Blick: Die Klimadebatte bleibt wichtig, sie wird aber von vitalen wirtschaftlichen Argumenten gestützt und verstärkt. In diese Richtung gehen auch die Einschätzungen zu den Thesen 18 und 35. Schwellenländern bietet die gewachsene Wirtschaftlichkeit der Erneuerbaren die Möglichkeit, aus der Subventionierung der zentralen fossilen Energieerzeugung auszusteiern (These 1).

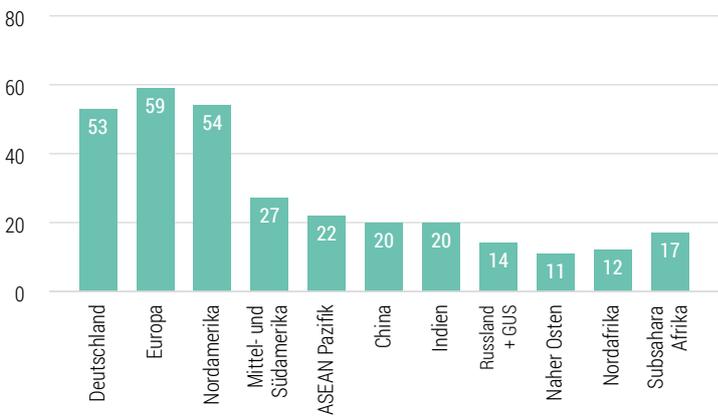
THESE 10

Im Jahr 2040 hat der deutlich gestiegene Einfluss von Frauen in strategischen Entscheidungsprozessen in Energiewirtschaft und -politik den Ausbau nachhaltiger Energienutzung forciert und führt zu einer verstärkten Einbeziehung einer Vielzahl von betroffenen gesellschaftlichen Stakeholdern.

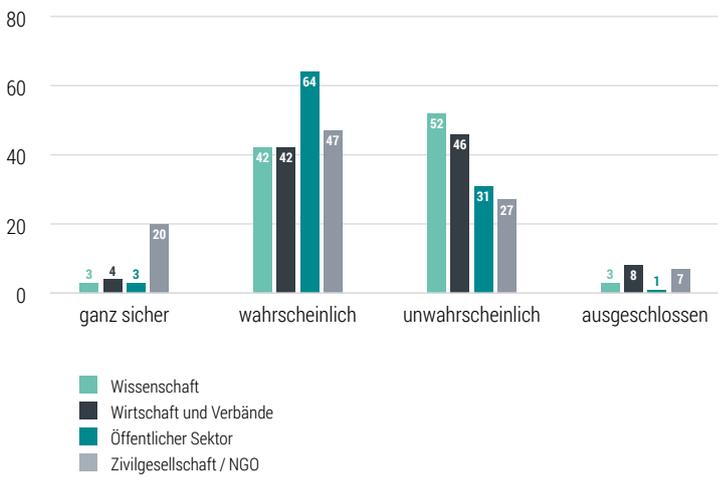
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



DIE ROLLE DER FRAUEN

Über die Bedeutung eines zunehmenden Einflusses von Frauen in politischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Entscheidungsprozessen sind sich die befragten Experten uneins. Dass hierdurch die Energy Transition befördert und besser konzentriert wird, denken etwas mehr als die Hälfte. Die Entwicklung wird besonders in Deutschland und Europa sowie Nordamerika erwartet. Die weiblichen Experten halten die These für weitaus wahrscheinlicher als männliche Experten. Vertreter der Wissenschaft und des Privatsektors lehnen die These mit leichter Mehrheit ab.

GESELLSCHAFTLICHER DRUCK WIRD VERSTÄRKT

Der positive Einfluss von Frauen auf den Ausbau nachhaltiger Energiesysteme passt zu der Erwartung wachsenden gesellschaftlichen Drucks für einen stärkeren Klimaschutz – nicht nur in Europa und Nordamerika, sondern auch in Schwellenländern wie Indien und China. Das kommt auch in den Bewertungen der Thesen 8, 24 und 26 zum Ausdruck.

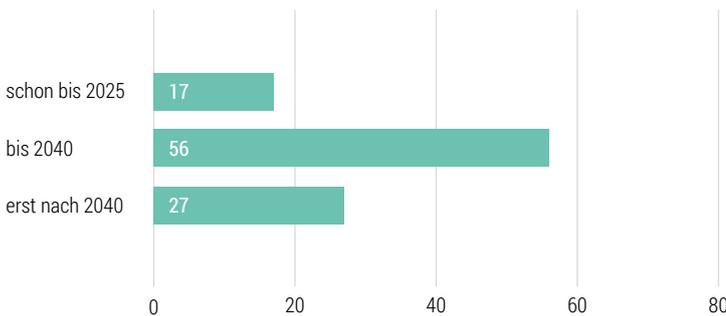
THESE 11

Im Jahr 2040 ist ein weltweites Klimaregime, mit verbindlichen und ambitionierten CO₂-Reduktionszielen, umgesetzt.

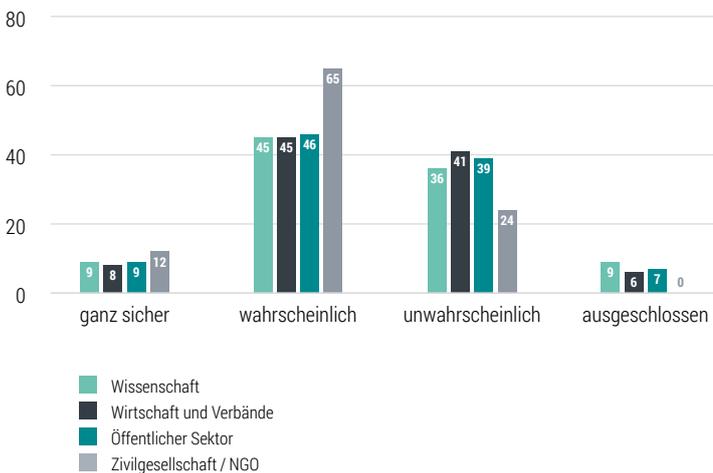
TRITT DIESE THESE EIN?



BIS WANN TRITT DIE THESE EIN? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



EIN WELTWEITES KLIMAREGIME AB 2040

Von der Umsetzung eines weltweiten Klimaregimes bis 2040 ist die Mehrheit der Experten überzeugt. Ein Viertel von ihnen geht allerdings davon aus, dass sich dies erst in den Jahren nach 2040 realisieren lässt. Vertreter des gesellschaftlichen Sektors und der NGOs sind am stärksten davon überzeugt, dass diese These Wirklichkeit wird. Deutsche Befragte stehen der These insgesamt skeptischer gegenüber als nicht-deutsche Experten.

TREIBER FÜR WEITERE ENTWICKLUNGEN

Dieses Szenario ist ein wichtiger Treiber einer Vielzahl von Entwicklungen. Als möglicher Auslöser eines Innovationsschubs befördert es beispielsweise das Eintreten von These 35. Auch die Wahrscheinlichkeit eines Siegeszugs regenerativer Energien in Entwicklungs- und Schwellenländern (Thesen 8 und 45) wächst. Die These steht in engem Zusammenhang zu der Entstehung regionaler CO₂-Preissysteme (These 12).

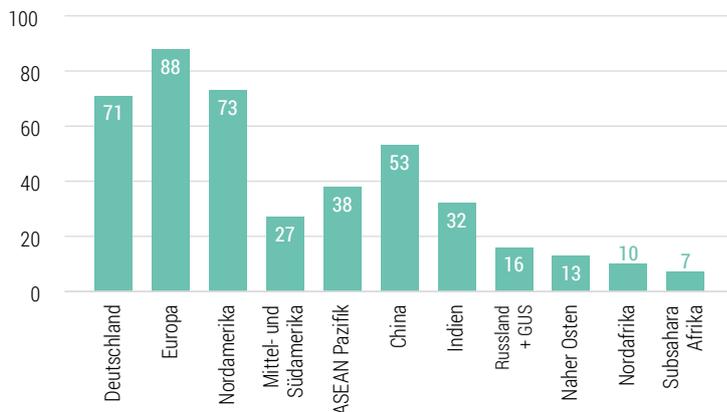
THESE 12

Im Jahr 2040 ist ein regionales Preissystem für CO₂-Emissionen (z.B. Emissionshandel oder CO₂-Steuer) in Kraft und entfaltet Wirkung.

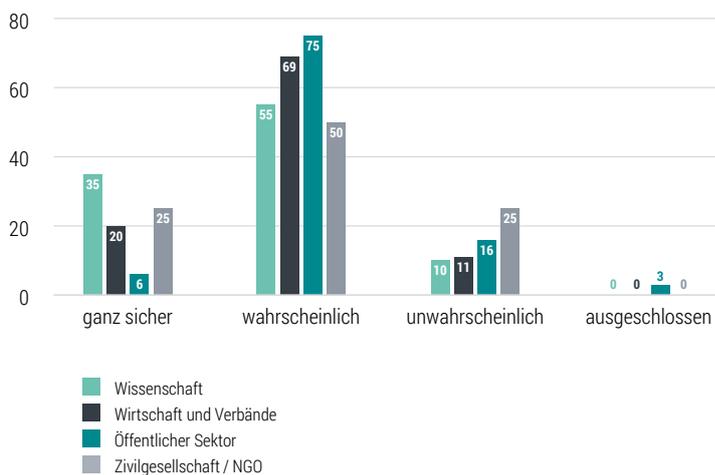
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



REGIONALE PREISSYSTEME IN KRAFT

Über alle Sektoren hinweg halten es die Experten in der übergroßen Mehrheit zumindest für wahrscheinlich, dass 2040 regionale Preissysteme für CO₂-Emissionen in Kraft sind. Dies wird besonders für Europa und Nordamerika erwartet, aber auch in China. Insbesondere die Wissenschaft ist hiervon überzeugt. Lediglich ein Prozent hält solche regionalen Preissysteme in diesem Zeitraum für ausgeschlossen.

CO₂-PREISE TREIBEN INNOVATIONEN

Ein wirkungsvolles regionales Preissystem für CO₂-Emissionen verschafft klimafreundlichen Formen der Energieerzeugung einen wirtschaftlichen Vorteil und begünstigt Innovationen. Dieses Szenario stützt somit die Erwartungen hinsichtlich der These 18, wirkt sich aber auch auf die Redimensionierung der fossilen Erzeugung (These 39) und Technologien zur CO₂-Beherrschung (These 40) aus.

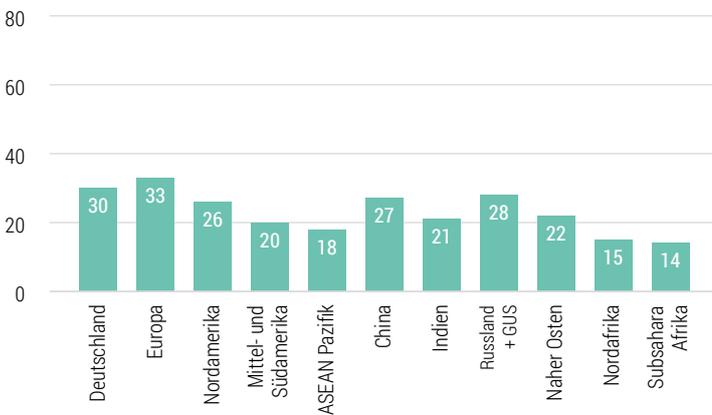
THESE 13

Im Jahr 2040 ist die Energieversorgung verstaatlicht, weil Energiesicherheit und -souveränität die wichtigsten Ziele nationaler Energiepolitik darstellen; die Staaten engagieren sich deshalb auch im Energiehandel.

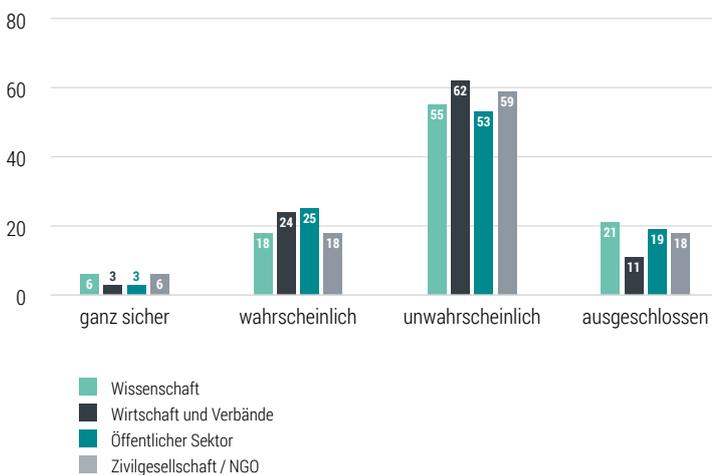
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



VERSTAATLICHUNG OHNE CHANCE

Nur wenige Experten nehmen an, dass im Jahr 2040 die Energieversorgung in einer nennenswerten Zahl von Ländern aus Gründen der Energiesicherheit verstaatlicht sein wird. Staatlicher Energiehandel wird als Konsequenz ebenso nicht erwartet. Diese Einschätzung wird von Vertretern aller Sektoren geteilt.

WENIG SPIELRAUM FÜR ALLEINGÄNGE

Die Ablehnung dieser These passt zu den Erwartungen hinsichtlich einer verstärkten internationalen, überregionalen Zusammenarbeit im Energiebereich, mit Blick auf die optimale Allokation von Ressourcen und die Finanzierung benötigter grenzüberschreitender Infrastrukturen (Thesen 14 und 15) – was rein nationalstaatlichen Strategien wenig Spielraum lässt.

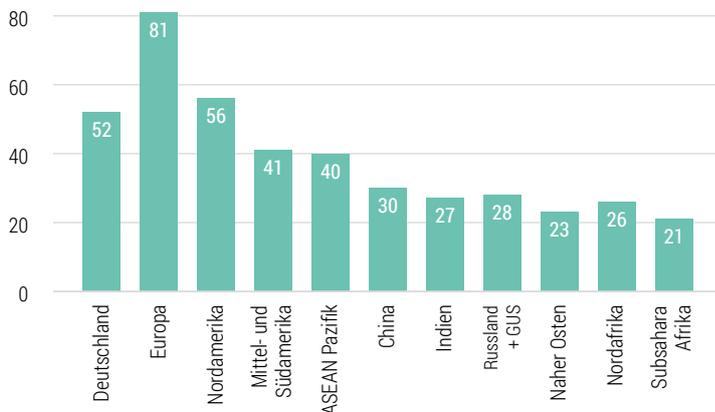
THESE 14

Im Jahr 2040 sind neue multilaterale Governance-Strukturen entstanden, um die grenzüberschreitende Integration von Energiesystemen und gemeinsame Infrastrukturinvestitionen zu ermöglichen.

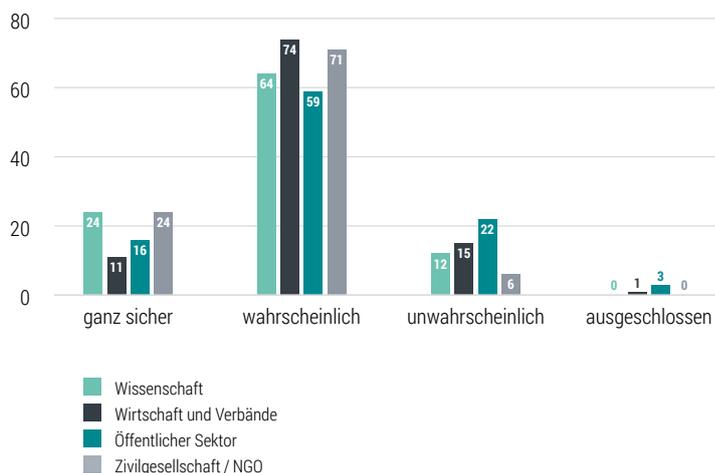
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



NEUE MULTILATERALE GOVERNANCE

Im Zuge der Energy Transition werden sich neue, an der optimalen Integration von Erneuerbaren Energien orientierte Governance-Strukturen entwickeln – das erwarten 83 Prozent der Experten vor allem für Europa, aber eingeschränkt auch für Nord-, Mittel- und Südamerika und für den ASEAN-Pazifik-Raum. Unter den befragten Vertretern des gesellschaftlichen Sektors und der NGOs herrscht nahezu Konsens, dass dies so eintreten wird.

INTERNATIONALE KOOPERATION ENTSCHEIDEND

Fortschritte vor allem bei der Governance des europäischen Energiesystems nehmen die Experten auch an, wenn sie von einer starken europäischen Energie-Innen- und Außenpolitik ausgehen und vom Aufbau eines europäischen Supergrids (These 16 und 17). Generell geht die Einschätzung, dass 2040 die multilaterale Kooperation für die Energy Transition entscheidend ist, zulasten der nationalen Zuständigkeit (These 15).

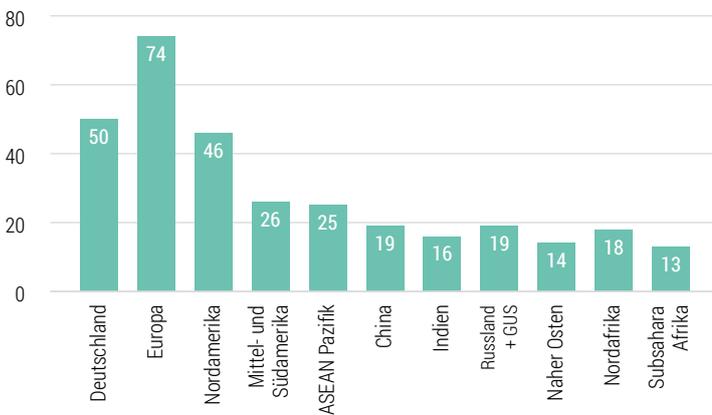
THESE 15

Im Jahr 2040 werden Energieerzeugung, Energienetze und -handel über Staatsgrenzen hinweg und überregional organisiert, orientiert an gemeinsamen Ressourcen (z.B. Windenergie in Nordeuropa); nationale Strukturen und Monopole haben sich aufgelöst.

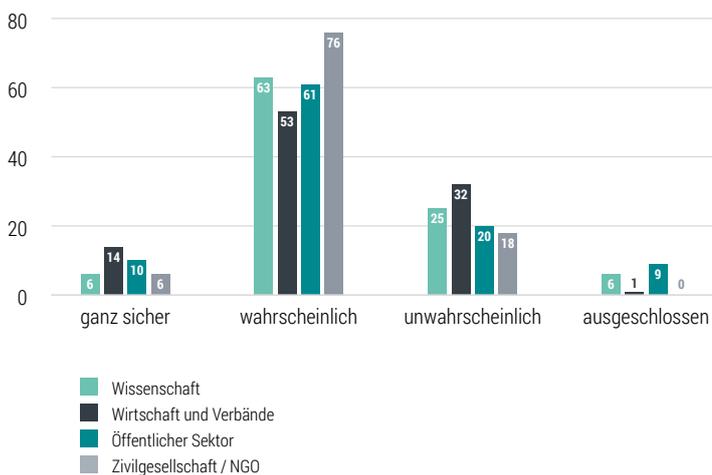
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



GEMEINSAME RESSOURCEN AUSSCHLAGGEBEND

Mehr als zwei Drittel der Experten hält es zumindest für wahrscheinlich, dass die optimale Ausnutzung natürlicher Ressourcen für Erneuerbare Energien die bestimmende Logik bei der Organisation der Energienetze sein wird. Mit Abstand am stärksten wird dies für Europa und Nordamerika erwartet, wobei sich die Einschätzung von nicht-deutschen und deutschen Befragten weitgehend deckt.

INTEGRATION DURCH KOOPERATION

Diese These fügt sich in ein Set von Erwartungen, die ein Erstarren der multilateralen Kooperation im Energiebereich betreffen (beispielsweise Thesen 14 und 17). Eine Renaissance nationaler Energiepolitik, gar eine Verstaatlichung der Energiesysteme wird nicht erwartet (These 13). Grenzüberschreitende Governance wird als die Lösung des Jahres 2040 für die anspruchsvolle Integration der Erneuerbaren gesehen.

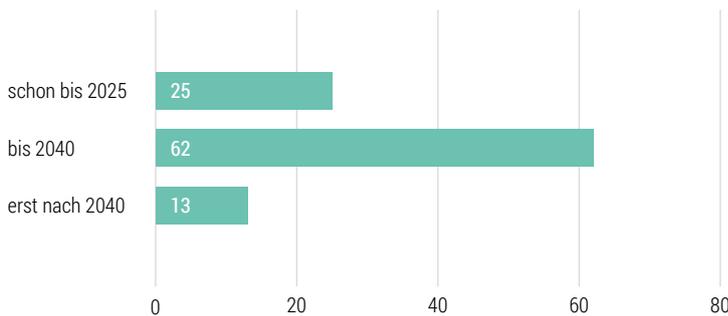
THESE 16

Im Jahr 2040 verfügt Europa über eine gemeinsame Energie-Außenpolitik, inklusive gemeinsamer strategischer Infrastrukturinvestitionen und Ressourcen-Lieferabkommen mit Drittstaaten.

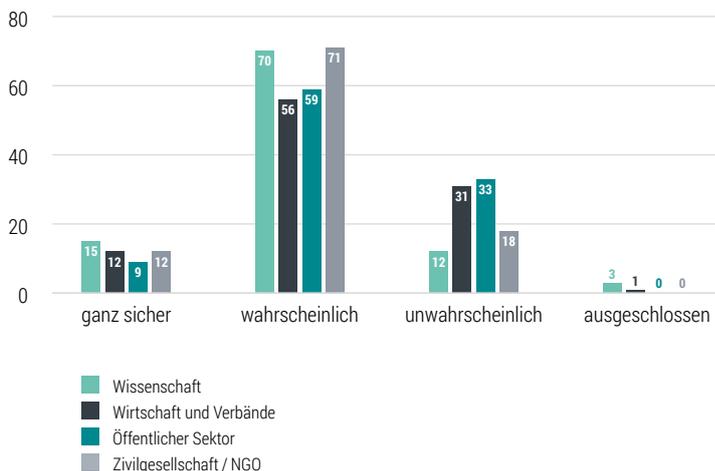
TRITT DIESE THESE EIN?



BIS WANN TRITT DIE THESE EIN? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



EUROPÄISCHE ENERGIE-AUSSENPOLITIK REALISTISCH

Eine starke europäische Energie-Außenpolitik erwartet die deutliche Mehrheit der Experten, zum Teil bereits vor 2040. Es fällt auf, dass sich die Bewertungen von Wissenschaftlern und Vertretern des gesellschaftlichen Sektors und der NGOs einerseits und von Vertretern des öffentlichen Sektors und der Wirtschaft andererseits deutlich unterscheiden. Wirtschaft und Politik sind deutlich skeptischer als Wissenschaft und Zivilgesellschaft.

WACHSENDE ROLLE EUROPAS

Europa wird generell eine wachsende Rolle bescheinigt (These 17). Dies passt zu der Annahme, dass multilaterale Kooperation die Energiewelt im Jahr 2040 weltweit prägen wird (Thesen 14 und 15). Eine handlungsfähige EU wird für den Aufbau eines internationalen Klimaschutzregimes (These 11) ebenso gebraucht wie für die Funktionsfähigkeit eines regionalen Preissystems für CO₂ (These 12).

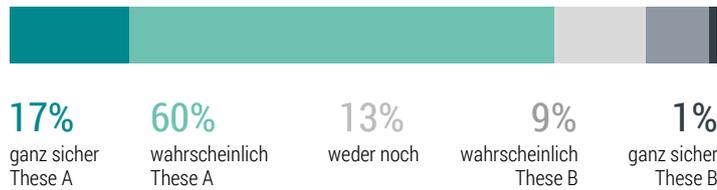
THESE 17

A: Im Jahr 2040 verfügt Europa über eine gemeinsame, harmonisierte Energie-Innenpolitik und einen leistungsfähigen Energie-Binnenmarkt; technisch ist Europa hocheffizient per Supergrid vernetzt.

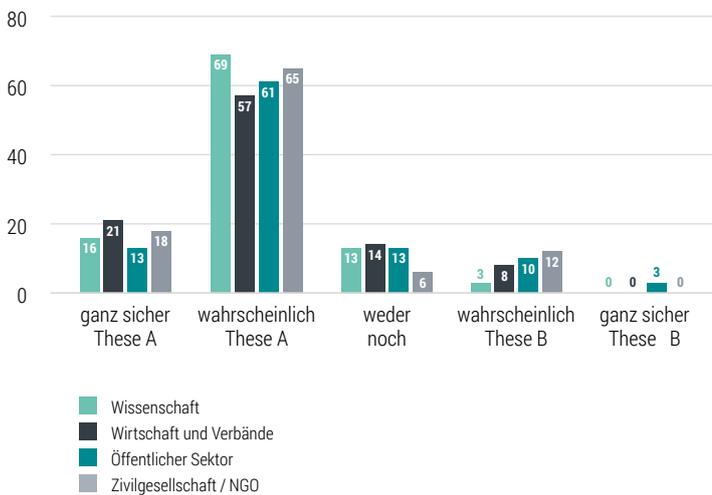
VERSUS

B: Im Jahr 2040 kommt es in Europa zu einer Renationalisierung der Energiepolitik, Phasenschieber riegeeln die Grenzen ab.

WELCHE DER BEIDEN THESEN (A, B) TRITT EIN?



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



EIN HARMONISIERTER ENERGIE-BINNENMARKT

Die Erwartungen an die europäische Ebene sind herausragend: Rund drei Viertel der internationalen Experten sehen für 2040 eine gemeinsame harmonisierte Energie-Innenpolitik, auf Basis effizienter technischer Vernetzung. Diese Erwartung haben alle Sektoren, sie ist jedoch in der Wissenschaft besonders stark ausgeprägt. Lediglich zehn Prozent der Befragten erwarten eine Renationalisierung.

VERNETZUNG FÖRDERT NEUE AKTEURE

Dieses Szenario steht vor allem in Verbindung mit den Erwartungen hinsichtlich einer wachsenden Bedeutung multilateraler Governance im Energiebereich (u.a. These 14). In vielerlei Hinsicht sehen die Experten 2040 die supranationale Ebene als die dominante Entscheidungsebene der Energy Transition. Auch andere Zusammenhänge sind spannend: Die Vernetzung Europas per Supergrid stellt hohe Anforderungen an das Netzmanagement und die Steuerung von Angebot und Nachfrage – und könnte damit den Aufstieg von IT-Unternehmen zu wichtigen Akteuren der Energiewelt befördern (These 51).

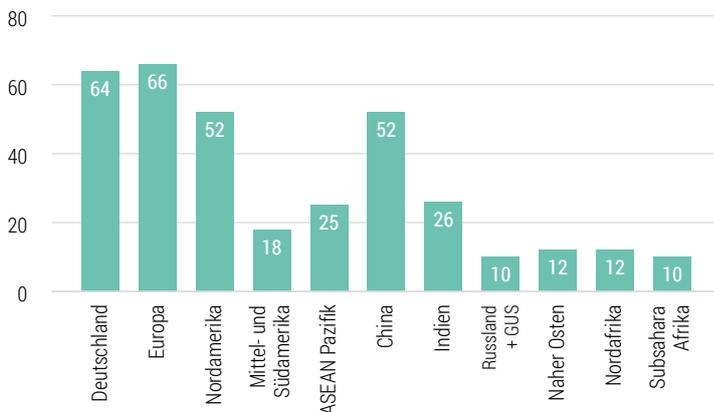
THESE 18

Im Jahr 2040 haben Staaten, die stark auf Erneuerbare Energien gesetzt haben, ihre wirtschaftliche Lage enorm verbessert und dominieren die Liste der wettbewerbsstärksten Volkswirtschaften.

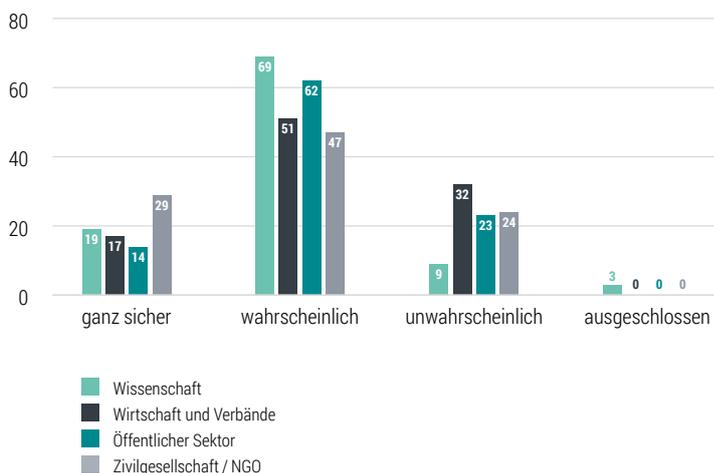
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



VOLKSWIRTSCHAFTEN PROFITIEREN

Während die Experten generell annehmen, dass der Klimaschutz auch in 25 Jahren noch das entscheidende Argument für die Energy Transition sein wird, werden aber aus Sicht einer ebenfalls sehr deutlichen Mehrheit ökonomische Argumente immer wichtiger. Rund drei Viertel der Experten erwarten, dass Staaten, die auf Erneuerbare gesetzt haben, 2040 volkswirtschaftlich wesentlich besser dastehen. Die Experten erwarten diese positive Entwicklung nicht nur für Deutschland, Europa und Nordamerika, sondern auch für China und (eingeschränkt) Indien.

ÖKONOMIE WICHTIGES ARGUMENT

Wenn der konsequente Ausbau Erneuerbarer Energien volkswirtschaftliche Vorteile verspricht, ist dies neben dem Klimaschutz ein gewichtiges Argument für eine Energy Transition. Diese Erwartung wird auch durch die Bewertung der Thesen 9 und teilweise 44 gestützt. Dies gilt außerdem auch für den Ausbau Erneuerbarer Energien in Schwellen- (These 8) und Entwicklungsländern (These 45).

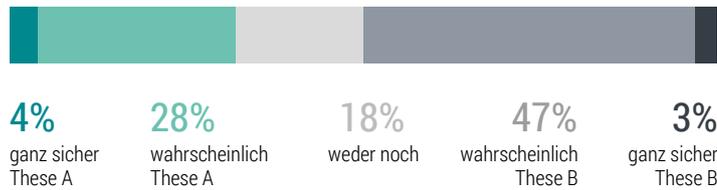
THESE 19

A: Im Jahr 2040 haben eine wachsende Weltbevölkerung und gestiegener Wohlstand die Konkurrenz um endliche Energierohstoffe verschärft; es kommt immer häufiger zu gewaltsamen Konflikten innerhalb einzelner Länder und zwischen Staaten.

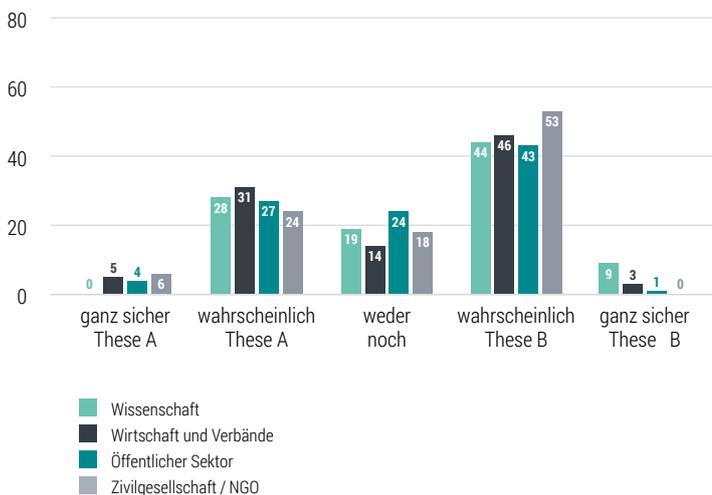
VERSUS

B: Im Jahr 2040 kommt es trotz einer weltweit stark gestiegenen Nachfrage nach Energie nicht zu größeren Konflikten, da steigende Effizienz und Nachhaltigkeit in der Energieversorgung Knappheit ausgleicht oder verhindert.

WELCHE DER BEIDEN THESEN (A, B) TRITT EIN?



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



GEWALTSAAME KONFLIKTE BLEIBEN AUS

Die internationalen Gesprächspartner sind in ihrer Mehrheit optimistisch, was das Ausbleiben gewaltsamer Konflikte um knapper werdende, fossile Rohstoffe betrifft. Die Hälfte der Experten nimmt an, dass die Verbreitung von Effizienztechnologien und überall verfügbaren Erneuerbaren Energien Knappheiten ausgleicht oder verhindert. Dabei sind die Experten außerhalb Deutschlands noch deutlich zuversichtlicher.

ERNEUERBARE VERHINDERN ENERGIEARMUT

Das Ausbleiben von Knappheiten in der Energieversorgung unterstützt die Erwartung, dass es nicht zu Energiearmut kommen wird (These 30), auch nicht in Entwicklungsländern bspw. in Afrika, in denen ein Großteil der Bevölkerungszunahme erwartet wird (These 45). Erhöhte Energieeffizienz und die verstärkte Nutzung regenerativer Energien sind also in der Lage, auch einen starken Anstieg der Energienachfrage zu kompensieren (These 5). Sie können aber auch durch eine sinkende Nachfrage nach fossilen Energieträgern zu einer Destabilisierung der Förderländer beitragen (These 20).

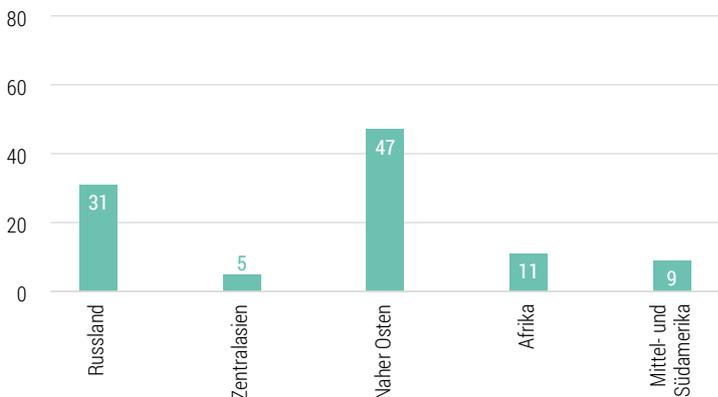
THESE 20

Im Jahr 2040 hat die rückläufige Nachfrage der Industrie- und Schwellenländer nach fossilen Energieträgern zur Destabilisierung von Förderländern geführt.

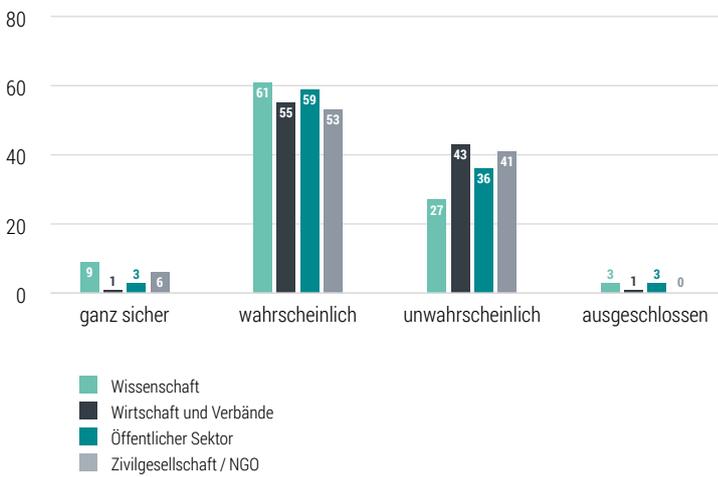
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



SCHATTENSEITEN FÜR FÖRDERLÄNDER

Nicht für alle Länder wird die Energy Transition nur positive Auswirkungen haben. Die deutlich größte Gruppe der Experten hält es für wahrscheinlich, dass sich die klassischen Förderländer in den nächsten 25 Jahren nicht vollkommen neu aufstellen können und durch die zurückgehende Nachfrage nach fossilen Brennstoffen und stagnierende Preise in ernsthafte Schwierigkeiten kommen. Probleme erwarten die Experten vor allem im Nahen Osten und in Russland.

UNSIKERHEITEN ÜBER BRENNSTOFFPREISE

Dieses Szenario ist im Kontext der Unsicherheiten hinsichtlich der langfristigen Entwicklung der Brennstoffpreise (These 3) zu lesen. Der von vielen erwartete weltweite Schiefergas-Boom würde weiteren Druck auf die Preise ausüben (These 4). Generell wird erwartet, dass Erneuerbare Energien in Verbindung mit Speichern in weiten Bereichen wirtschaftlicher sind als der Einsatz fossiler Brennstoffe (These 35).

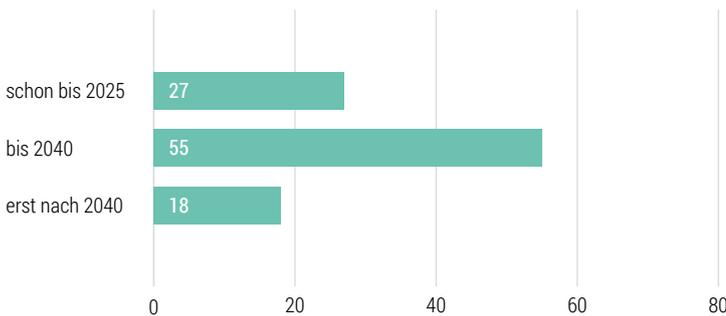
THESE 21

Im Jahr 2040 führt der weltweite Ausbau der Erneuerbaren Energien und der Stromnetze zur verstärkten Nutzung und Verknappung wichtiger Rohstoffe (Silber, Kupfer, seltene Erden). Zahlreiche Industrie- und Schwellenländer konkurrieren um strategische Rohstoffpartnerschaften mit Ressourcenstaaten.

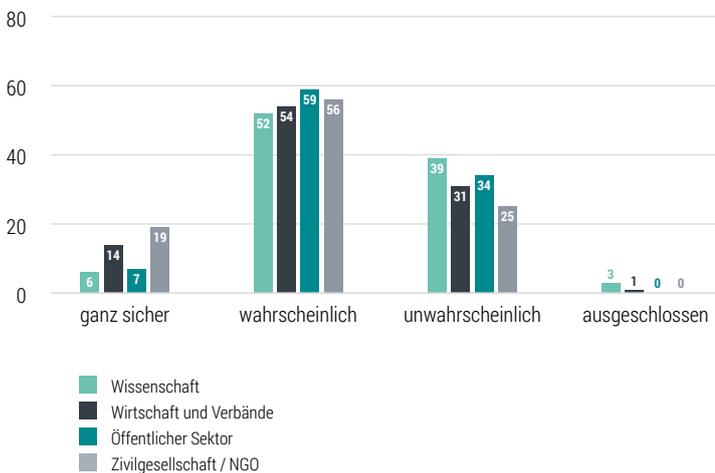
TRITT DIESE THESE EIN?



BIS WANN TRITT DIE THESE EIN? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



NEUE KNAPPHEITEN ENTSTEHEN

Rund zwei Drittel der befragten Experten rechnen mit neuen Knappheiten im Rohstoffbereich bis 2040 – bezogen auf Elemente, die für die Erzeugung und Speicherung benötigt werden und beispielsweise in der Steuerungselektronik unverzichtbar sind. Die Wissenschaft bezweifelt diese These allerdings eher als andere Sektoren, und auch die deutschen Experten sind zurückhaltender als die nicht-deutschen Experten.

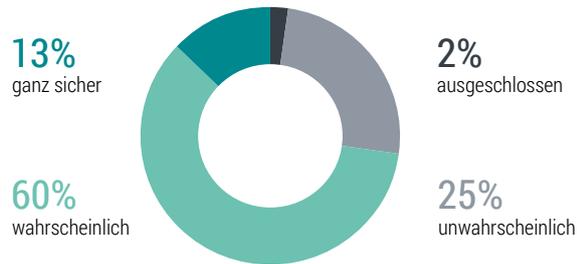
VIELE VORAUSSETZUNGEN MÜSSEN ERFÜLLT WERDEN

Diese Entwicklung kann andere erwartete Entwicklungen abschwächen, wie beispielsweise die zunehmende Wirtschaftlichkeit Erneuerbarer Energien (These 9), die Stärkung der volkswirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit durch die Energy Transition (These 18) oder die Annahme einer „All Electric Society“ (These 33). Viele Voraussetzungen müssen erfüllt werden, damit die Energy Transition positive Effekte erzielt, wie auch die nicht geringe Skepsis gegenüber einem „Leapfrogging“ der Länder Afrikas zeigt (These 45).

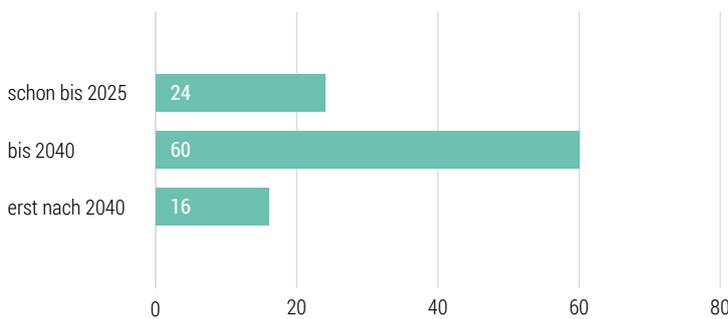
THESE 22

Im Jahr 2040 ist die Bedeutung Russlands als Gas- und Öllieferant für Europa stark zurückgegangen im Vergleich zu 2015.

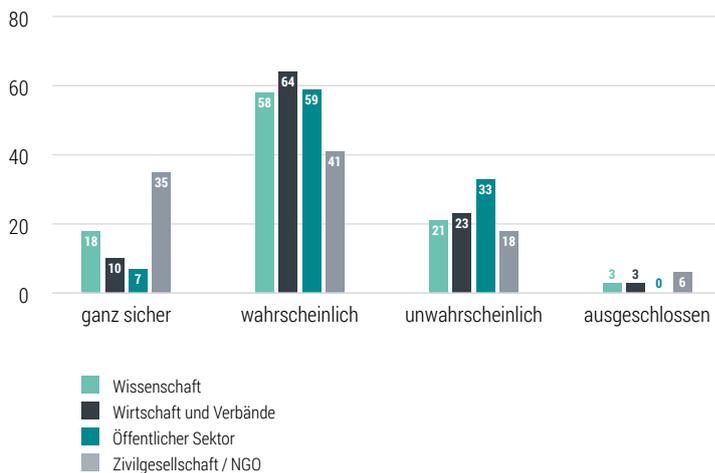
TRITT DIESE THESE EIN?



BIS WANN TRITT DIE THESE EIN? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



EUROPA LÖST SICH AUS ABHÄNGIGKEIT

Aus Sicht der Mehrheit der Experten wird sich Europa im Jahr 2040 weitgehend aus der Abhängigkeit von russischen Brennstoffimporten gelöst haben. Der gesellschaftliche Sektor ist hiervon am stärksten überzeugt. Russland muss sich auf andere Exportmärkte konzentrieren und wird dabei aufgrund der globalen Markttrends und der nötigen Infrastrukturinvestitionen keinen leichten Weg gehen.

NEUE MACHTVERTEILUNG

In die gleiche Richtung deutet die Erwartung eines anhaltenden weltweiten Schiefergas-Booms (These 4), aber auch die einer zunehmend selbstbewusst und differenziert agierenden europäischen Energie-Außenpolitik (These 16). Die Gefahr einer Destabilisierung von Förderländern wie Russland wächst (These 20).

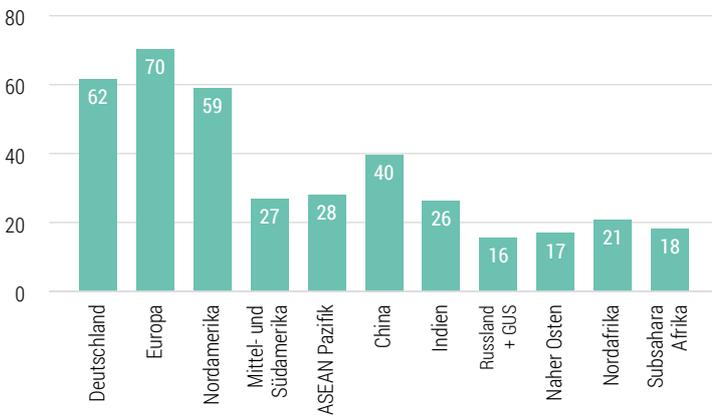
THESE 23

Im Jahr 2040 wurden weltweit durch Dezentralisierung und Flexibilisierung von Energieerzeugung und -versorgung Strukturen aufgebaut, die gegenüber Krisen und Terrorismus weniger anfällig sind.

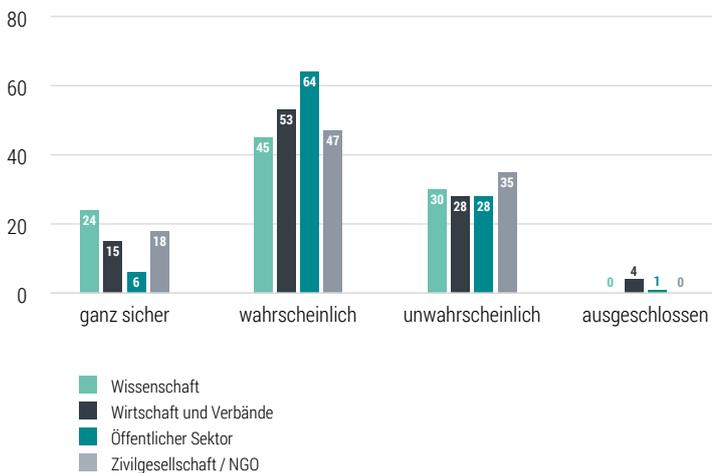
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



ERNEUERBARE MACHEN KRISENFEST:

Zwei Drittel der Befragten gehen davon aus, dass die dezentrale Energieerzeugung auf Basis Erneuerbarer bis 2040 in Deutschland, Europa, Nordamerika, aber auch in China entscheidend dazu beigetragen haben wird, eine gegen Krisen und Terrorismus resilientere Energieversorgung aufzubauen. Sowohl deutsche als auch nicht-deutsche Experten sind überzeugt, dass es neben dem Klimaschutz und den volkswirtschaftlichen Effekten diesen wichtigen dritten positiven Effekt der Energy Transition geben wird.

ALTE UND NEUE RISIKEN

Dieses Szenario ist konsistent mit der Erwartung, dass vor allem Schwellen- und Entwicklungsländer aus verschiedenen Gründen aus der zentralen fossilen Energieerzeugung aussteigen werden (These 1). Es stärkt die Sichtweise derer, die von einem „Leapfrogging“ beim Ausbau der Erneuerbaren durch Länder in Afrika ausgehen (These 45). Diskutiert werden muss dagegen die Bedeutung neuer, in der Vergangenheit unbekannter Risiken wie Datenkriminalität und Cyber-shocks (These 53).

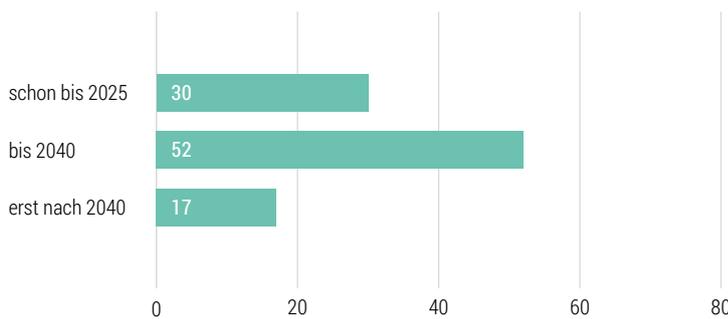
THESE 24

Im Jahr 2040 setzen die Verbraucher umfassende Nachhaltigkeit von Unternehmen, Produkten und Dienstleistungen voraus. Nicht-nachhaltige Produktion wird als unethisch angesehen.

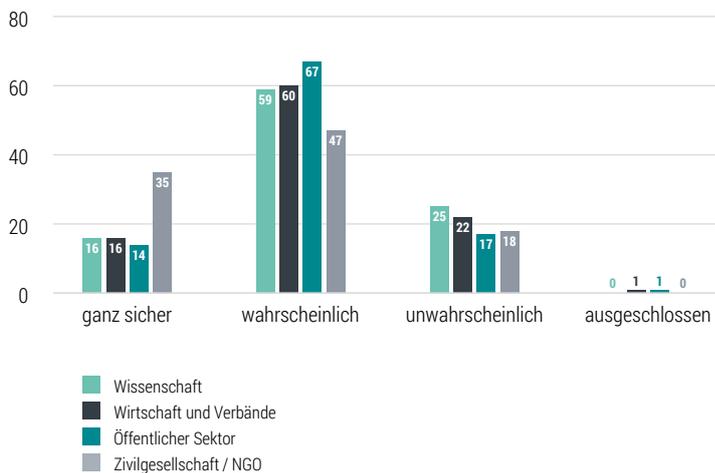
TRITT DIESE THESE EIN?



BIS WANN TRITT DIE THESE EIN? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



DRUCK DER VERBRAUCHER WÄCHST

Insbesondere der gesellschaftliche Sektor ist überzeugt, dass bis spätestens 2040 die Verbraucher durch ihr Nachfrageverhalten entscheidenden Druck auf die Nachhaltigkeit aller Produkte und Dienstleistungen, also auch der Energieversorgung, ausüben werden. Dies gilt aber auch insgesamt für vier Fünftel der befragten Fachleute. Nur ein Prozent hält das für unrealistisch.

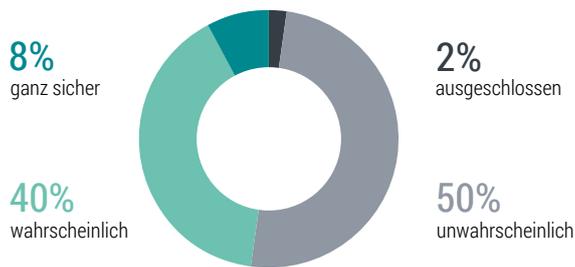
NEUES KONSUMVERHALTEN

Die Experten gehen auch von ganz konkreten Konsequenzen auf das Konsumverhalten und für die Vermarktung und Produktgestaltung aus (Thesen 26 und 32). Der politische Einfluss der Verbraucher wird auch in Indien und China von vielen als entscheidend angesehen (These 8), so dass auch international von politischen Durchbrüchen ausgegangen wird (Thesen 11 und 12).

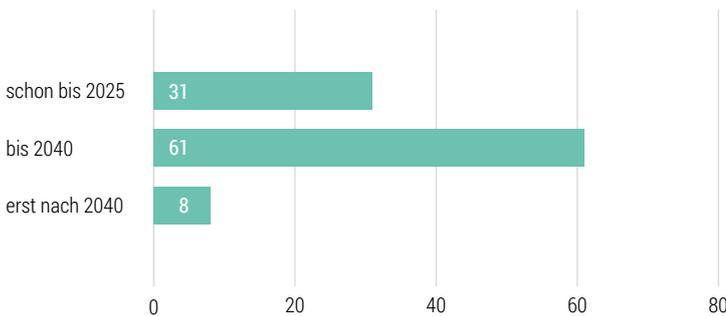
THESE 25

Im Jahr 2040 haben stark verbreitete Komfort-Lösungen für private Haushalte (Mobilität, verstärkte Automatisierung der Haushalte, Wärme, Smart Home usw.) den Energieverbrauch erheblich steigen lassen.

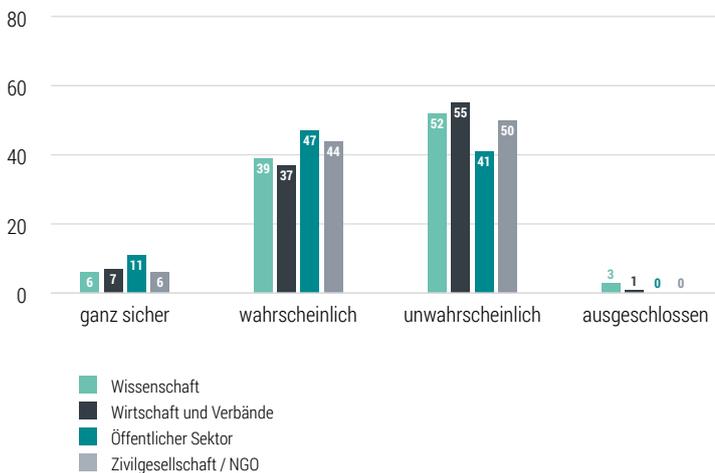
TRITT DIESE THESE EIN?



BIS WANN TRITT DIE THESE EIN? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



KOMFORT ALS VERBRAUCHSTREIBER?

In der Frage, ob sich die immer stärkere Vernetzung der privaten Haushalte, aber auch neue Anwendungen wie Elektromobilität in einem steigenden Energieverbrauch niederschlagen, sind die Experten uneins. Jeweils etwa die Hälfte von ihnen spricht sich pro oder contra aus, wobei diejenigen, die von einem entsprechenden Effekt ausgehen, ihn eher früher als 2040 kommen sehen. Insbesondere die Experten aus der Wirtschaft halten dieses Szenario aber für eher unwahrscheinlich.

OPTIMIERUNG DES VERBRAUCHS

Andere Thesen und die damit verbundenen Erwartungen sprechen eher für ein wachsendes Nachhaltigkeitsbewusstsein der privaten Verbraucher (Thesen 24 und 26). Das Internet der Dinge und die Steuerung des Verbrauchs beim Kunden, auch über „Real Time Pricing“, deuten ebenfalls in Richtung einer Optimierung des Verbrauchs in den privaten Haushalten zumindest der Industrieländer (Thesen 52 und 54).

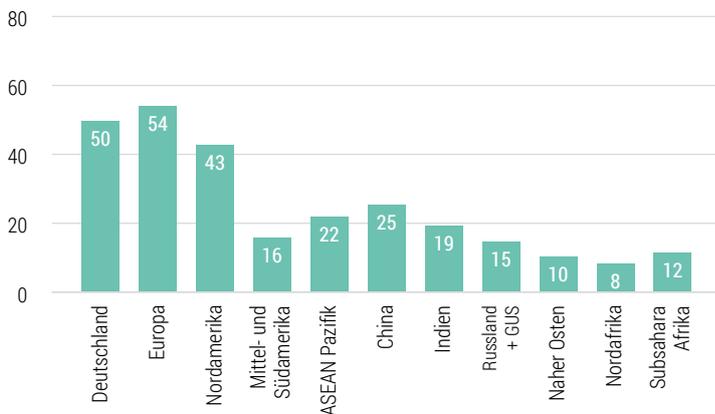
THESE 26

Im Jahr 2040 hat der Wertewandel die „Sharing Economy“ zur Realität werden lassen; neue Paradigmen sind Ökoeffizienz, Konsumverzicht (Suffizienz) und Dematerialisierung der Wertschöpfung.

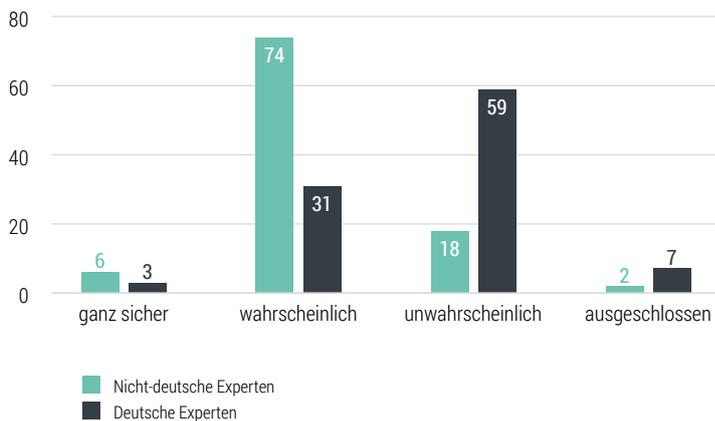
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN DEUTSCHE UND NICHT-DEUTSCHE EXPERTEN DIE ENTWICKLUNG? (IN %)



DEUTSCHE SIND SKEPTISCH

Generell erwarten die Experten im Jahr 2040 ein großes Bewusstsein der Bürgerinnen und Bürger für Nachhaltigkeit und eine starke Akzeptanz der Energy Transition. Einen noch weiter reichenden Paradigmenwechsel in Richtung Konsumverzicht und Sharing Economy sehen allerdings nur etwa die Hälfte der Experten. Hier kommt es aber auf die Herkunft der Befragten an: Die Deutschen sind skeptisch, während die nicht-deutschen Experten die Sharing Economy für durchaus wahrscheinlich halten.

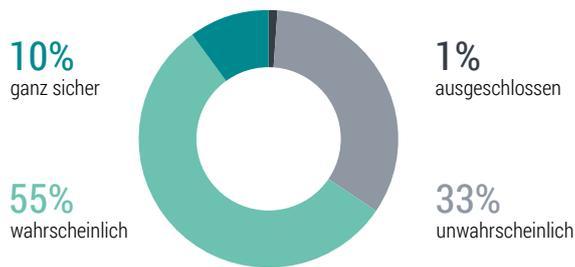
PHÄNOMEN DER METROPOLLEN

Diese These sollte im Zusammenhang mit den Bewertungen zu den Thesen 10 und 24 gesehen werden. Unter Umständen handelt es sich um ein Phänomen entwickelter Metropolen (These 27), die optimale Bedingungen für neue Modelle des Arbeitens, Lebens und Wirtschaftens bieten (These 29).

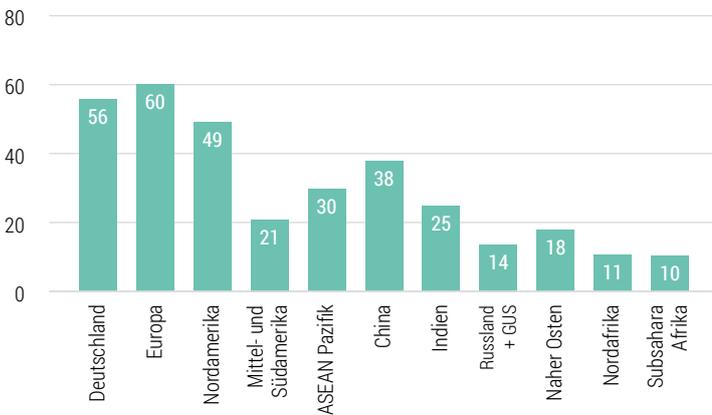
THESE 27

Im Jahr 2040 sind hocheffiziente „Sustainable Cities“ entstanden, die mit stark reduzierter individueller Mobilität auskommen und ihren Energiebedarf durch Prosuming in intelligenten Microgrids decken („Neighbourhood Generation“).

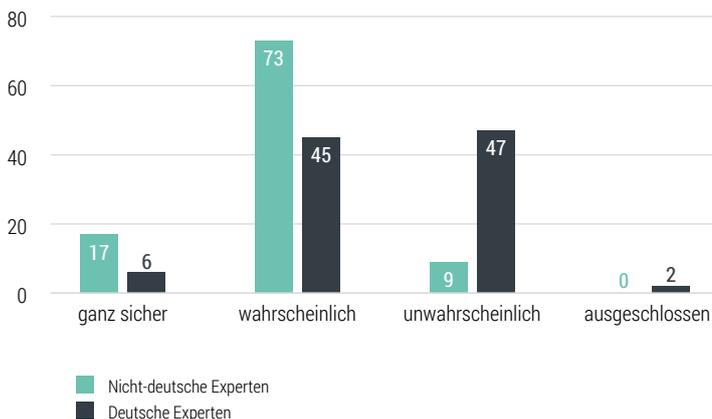
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN DEUTSCHE UND NICHT-DEUTSCHE EXPERTEN DIE ENTWICKLUNG? (IN %)



EIN NEUER TYP VON STÄDTEN

Immerhin fast zwei Drittel der Experten sehen in Europa, Nordamerika, China und im ASEAN Raum einen neuen und hocheffizienten Typus von Städten. Diese reduzieren ihren Energiebedarf durch intelligente Vernetzung auf allen Ebenen. Die Skepsis von rund einem Drittel der Experten bezieht sich vermutlich auf die flächendeckende Durchsetzung dieses Modells, wobei vor allem die Deutschen dies eher bezweifeln.

NEUE PRÄFERENZEN UND TECHNOLOGIEN

Dieses Szenario steht im Zusammenhang mit den angenommenen, sich verändernden Präferenzen insbesondere städtischer Mittelschichten überall auf der Welt (Thesen 8, 24 und 26). Diejenigen, die ein derartiges Szenario für wahrscheinlich halten, verknüpfen es mit der Erwartung, dass sich die Nutzung dezentraler Erneuerbarer Energien auch auf die gesellschaftliche Selbstorganisation positiv auswirkt (These 29). Neue, vor allem im urbanen Raum bedeutsame Technologien würden dieses Szenario stützen (Thesen 36, 37, 52 und 54).

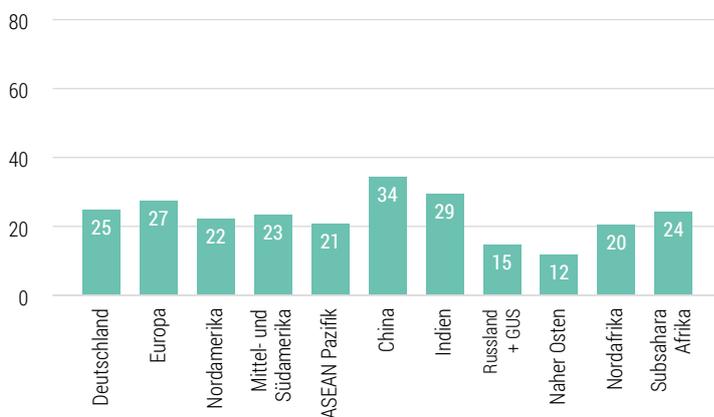
THESE 28

Im Jahr 2040 wurde die Landflucht gestoppt, weil dezentrale Energiesysteme neue Entwicklungsperspektiven für ländliche Räume bieten.

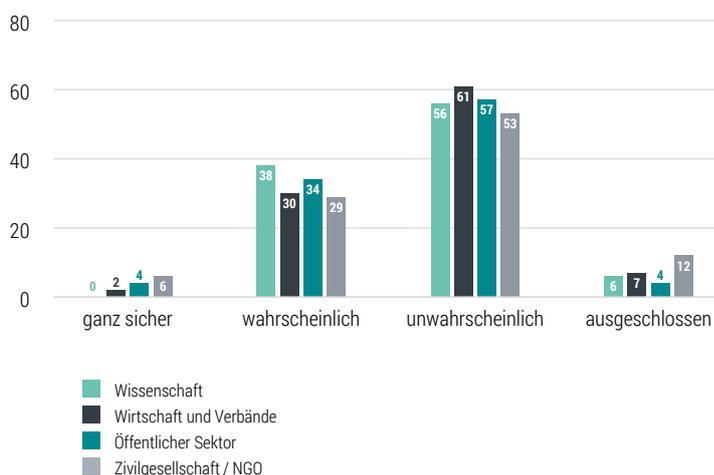
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



LANDFLUCHT NICHT GESTOPPT

Die Energy Transition und insbesondere der Ausbau dezentraler Energieerzeugung bietet neue ökonomische Entwicklungschancen, kann aber nicht alle Probleme lösen: Nur rund ein Drittel der Experten sieht im Jahr 2040 die Landflucht als gestoppt, insbesondere in China und Teilen Afrikas. Fast zwei Drittel halten das aber – unabhängig von ihrer Profession – für unwahrscheinlich oder unmöglich.

EFFEKTE REGIONAL BEGRENZT

Zweifel bestehen auch zur Fähigkeit der Länder Afrikas, sich durch den Aufbau dezentraler Erneuerbarer Energien unabhängig zu machen (These 45). Zwar werden den Erneuerbaren in Verbindung mit Speichern die erforderlichen technologischen und ökonomischen Voraussetzungen zugebilligt (These 35). Aber auch die positiven gesellschaftlichen Effekte der neuen Technologien werden eher in Europa und Nordamerika gesehen als in den Entwicklungs- und Schwellenländern (These 29)

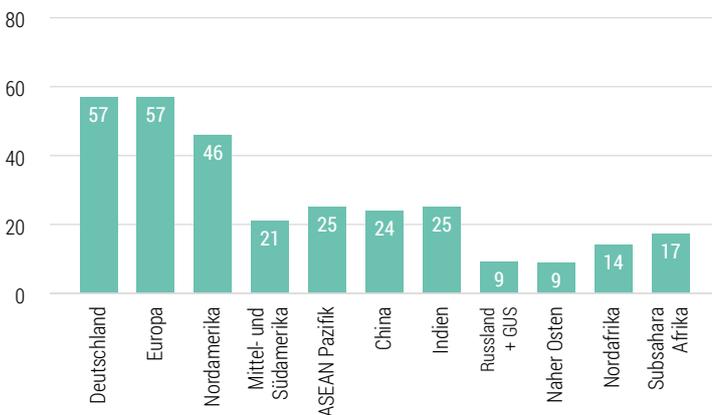
THESE 29

Im Jahr 2040 hat die Nutzung dezentraler erneuerbarer Energien-Anlagen mit Batteriespeichern zu einer neuen demokratischen Selbstorganisation auf lokaler Ebene geführt. Kommunen und soziale Bottom-up-Bewegungen sind gestärkt.

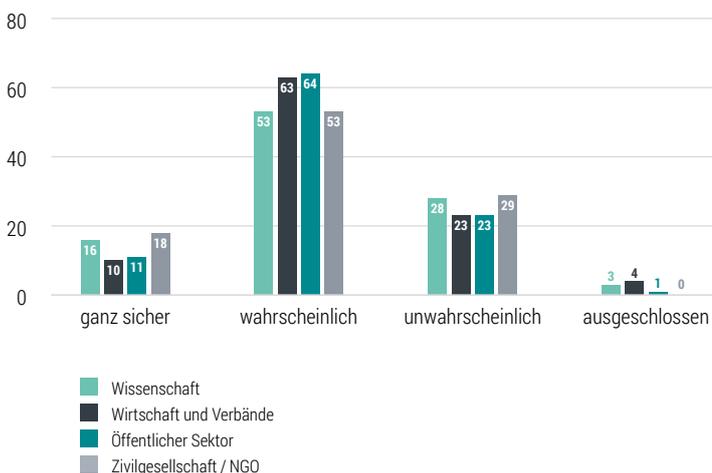
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



LOKALE DEMOKRATIE WIRD GESTÄRKT

Die Chancen dezentraler Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen für die kleinräumige Entwicklung werden viel diskutiert. Die These eines neuen Schubs demokratischer, lokaler Selbstorganisation bezieht daraus ihre Berechtigung. Überraschend ist: über 70 Prozent der Experten halten dieses Szenario zwar für realistisch, sehen es aber vor allem in den entwickelten Staaten Nordamerikas und Europas.

DEZENTRALISIERUNG AUF MEHREREN EBENEN

Weitere technische, politische und ökonomische Faktoren weisen in eine ähnliche Richtung: So wird der Nationalstaat nicht mehr als der zentrale Akteur verstanden (Thesen 13, 14 und 15), während eine Gleichzeitigkeit von multilateraler Governance und Dezentralisierung angenommen wird. Dezentrale Energien werden leicht erschwinglich (Thesen 35 und 38) – und möglicherweise auch zunehmend aus Bürgerhand finanziert (These 56).

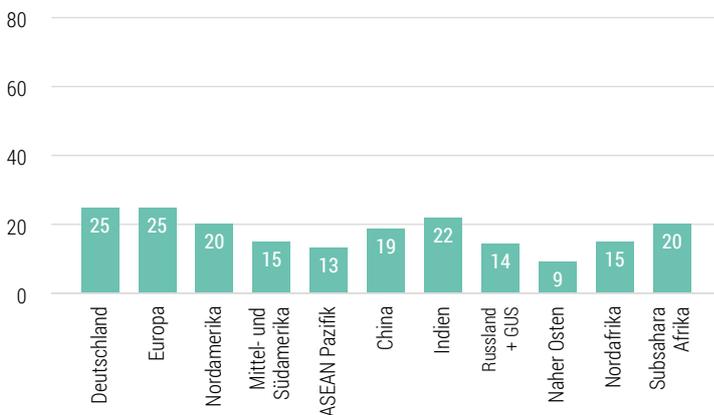
THESE 30

Im Jahr 2040 haben steigende Preise bei fossilen Energieträgern, hohe Kosten für erneuerbare Energien und teure Effizienz-Technologie große Teile der Bevölkerung in Energiearmut gebracht und zu Verlierern der „Energiewende“ werden lassen.

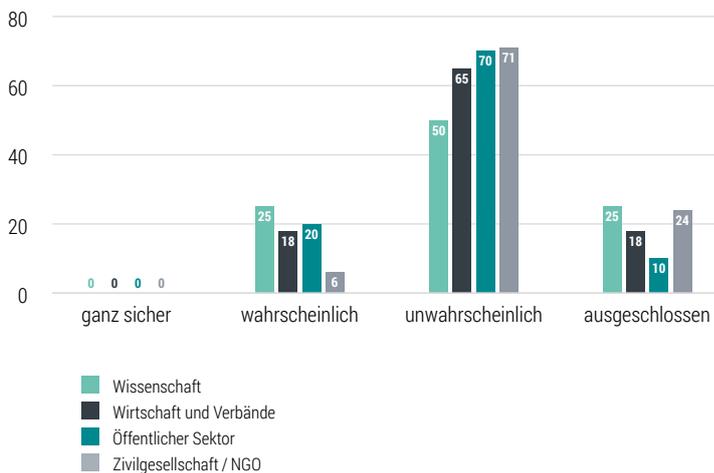
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



ENERGIEARMUT BLEIBT AUS

Die überwältigende Mehrheit der Experten aus allen Sektoren von Wirtschaft und Gesellschaft glaubt nicht an zunehmende Energiearmut. Am ehesten skeptisch ist in dieser Hinsicht noch die Wissenschaft. Dieser Optimismus bezieht sich auf alle Weltregionen.

ENERGY TRANSITION BEZAHLBAR

An stark steigende Preise für fossile Energieträger und Konflikte über deren Verfügbarkeit glaubt die Mehrheit der Experten nicht (Thesen 5 und 19). Hinsichtlich der Erneuerbaren Energien sind die Experten ebenfalls eher optimistisch (Thesen 35 und 47). Dies kompensiert auch die erwartete weltweit wachsende Nachfrage nach Energie.

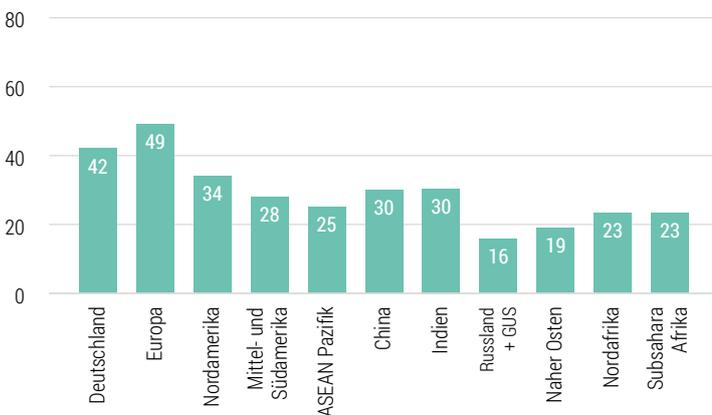
THESE 31

Im Jahr 2040 haben sich Bioenergie-Technologien zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe aufgrund von Landnutzungskonflikten mit der Nahrungsmittelproduktion, fehlender Akzeptanz und ökonomischer Nachteile nicht durchgesetzt.

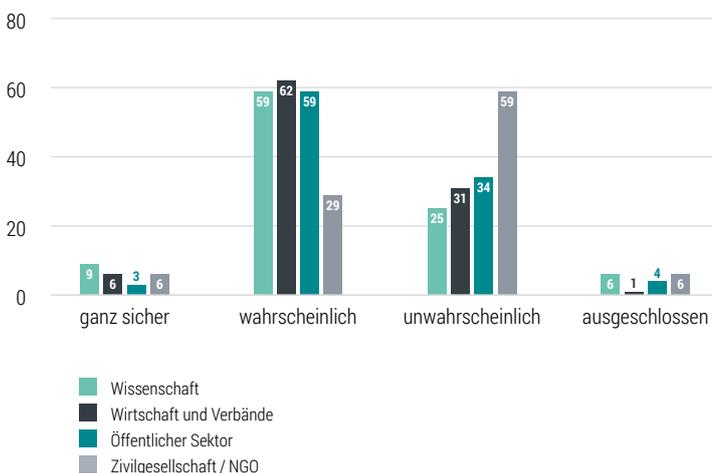
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



BIOMASSE AUF DEM RÜCKZUG

Mit 63 Prozent ist die deutliche Mehrheit der Experten davon überzeugt, dass sich die energetische Biomassenutzung aus mehreren Gründen nicht durchsetzen wird. Akzeptanz- und Nutzungskonflikte werden nicht nur für Deutschland und Europa, sondern abgeschwächt auch für viele weitere Regionen der Welt erwartet. Eine Gruppe allerdings ist deutlich anderer Meinung: Die Vertreter der Zivilgesellschaft und der NGOs sind genau der gegenteiligen Überzeugung.

ANSPRUCHSVOLLE KRITERIEN

Optimistisch stehen die Experten insbesondere Photovoltaik (PV) und der Windenergie gegenüber, denen in weltweiter Betrachtung hohe Akzeptanz und Effizienz zugetraut wird. Dies gilt insbesondere für PV in Verbindung mit Speichern (Thesen 35 und 37). Auch das wachsende ethische Bewusstsein kann mit einer kritischen Einschätzung von Biomasse einhergehen, insoweit Nutzungskonflikte mit der Nahrungsmittelproduktion vermutet werden (Thesen 24 und 26).

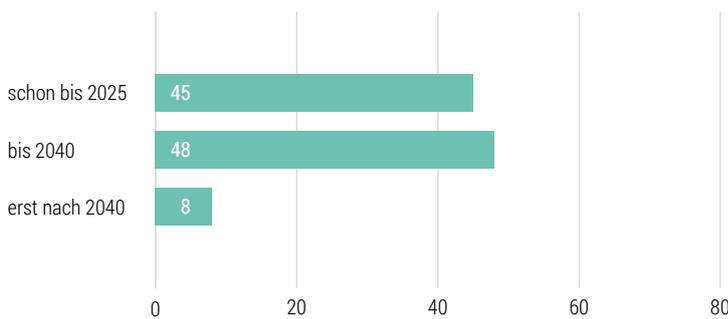
THESE 32

Im Jahr 2040 werden die CO₂-Emissionen, die durch Herstellung und Transport von Produkten und Dienstleistungen – inklusive der Mobilität – entstanden sind, auf den Produkten standardmäßig angegeben.

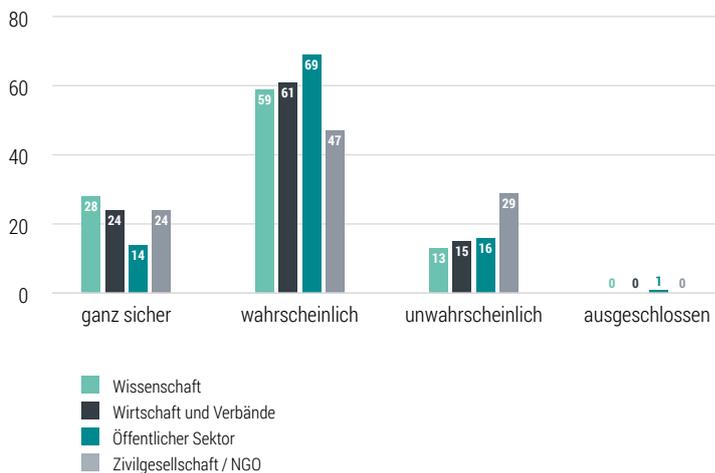
TRITT DIESE THESE EIN?



BIS WANN TRITT DIE THESE EIN? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



CO₂-BILANZ AUF DEN PRODUKTEN

2040 werden auf allen Produkten standardmäßig die bei Herstellung und Transport entstehenden CO₂-Emissionen angegeben. Nicht einmal 20 Prozent der internationalen Fachleute sehen das anders. Tatsächlich wird dies von fast der Hälfte der Experten bereits für 2025 erwartet. Die Zustimmung zieht sich durch alle Sektoren, lediglich unter den Vertretern der Zivilgesellschaft finden sich etwas mehr Skeptiker.

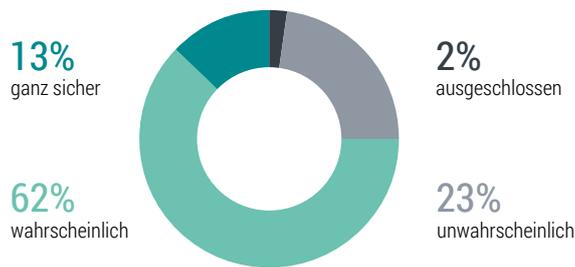
VERBRAUCH UND KLIMABILANZ

Dieses Szenario fügt sich in eine generelle Einschätzung, nach der die Verbraucher in der Zukunft sehr hohe Ansprüche an die nachhaltige Erzeugung von Produkten, Dienstleistungen und insbesondere Energie stellen (Thesen 8, 10, 24 und 26). Verbrauch und Klimabilanz werden eng zusammen gedacht, unterstützt auch durch ein individualisiertes „Pricing“ (Thesen 52 und 54).

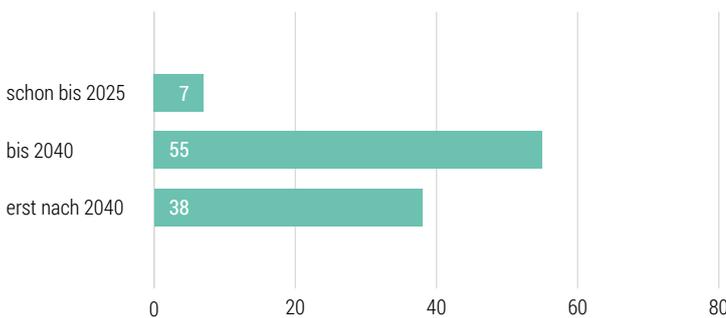
THESE 33

Im Jahr 2040 ist die „All Electric Society“ Realität geworden. Strom vor allem aus erneuerbaren Quellen sorgt auch für Mobilität und Wärme und hat Erdöl und Erdgas in vielen industriellen Prozessen ersetzt.

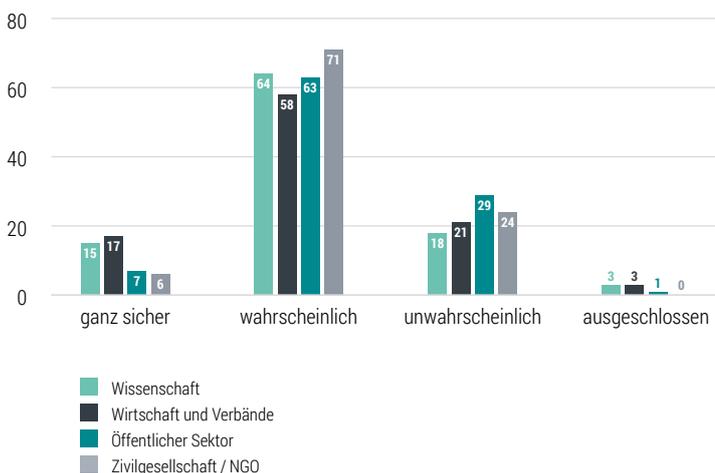
TRITT DIESE THESE EIN?



BIS WANN TRITT DIE THESE EIN? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



STROM IN MOBILITÄT UND INDUSTRIE

Die Zuversicht bezüglich technologischer Fortschritte, die den Ausbau, die Vernetzung und die Anwendung Erneuerbarer Energien vorantreiben, ist ausgeprägt. So erwarten drei Viertel der Experten, dass 2040 Strom aus erneuerbaren Quellen Erdöl und Erdgas in der Wärmeproduktion, Mobilität und Industrie ersetzt. „Überschussstrom“ der volatilen Erneuerbaren wird sinnvoll genutzt, auch wenn der zeitliche Schwerpunkt von vielen Experten erst nach 2040 gesetzt wird.

WACHSENDE EINSATZBREITE

Weitere Thesen deuten ebenfalls in Richtung eines multidimensionalen Einsatzes von Strom aus Erneuerbaren. Generell wird erwartet, dass Aspekte wie Wirtschaftlichkeit, Flexibilität und Autarkie die Energy Transition treiben (These 9). Technologische Durchbrüche und sinkende Kosten für entsprechende Systeme bewirken eine wachsende Einsatzbreite (Thesen 35 bis 37).

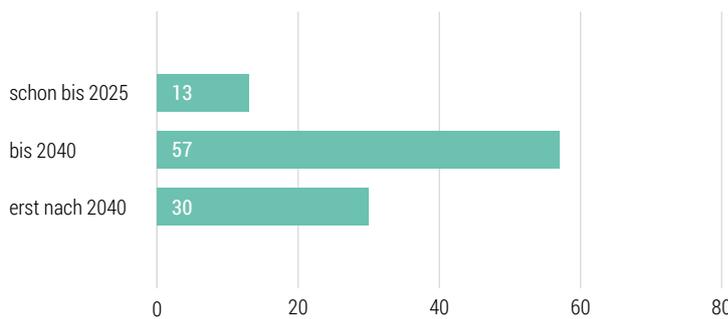
THESE 34

Im Jahr 2040 übernehmen Batteriekraftwerke als Frequenz- ausgleich die Funktion der konventionellen Kraftwerke bei der Systemstabilität.

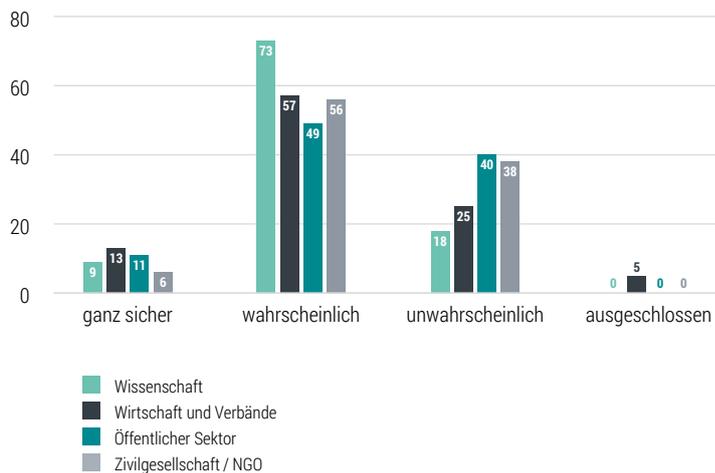
TRITT DIESE THESE EIN?



BIS WANN TRITT DIE THESE EIN? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



BATTERIEN ERSETZEN KRAFTWERKE

Große Batteriespeicher werden 2040 konventionelle Kraftwerke auch in Sachen Systemstabilität ersetzen. Dies zählt nach Ansicht von mehr als zwei Dritteln der Experten zu den technologischen Treibern der Energy Transition – den entscheidenden „Game Changern“. Eine beträchtliche Gruppe von Experten sieht diese Entwicklung allerdings eher noch langfristiger, nach 2040. Wissenschaft und Wirtschaft sind diesbezüglich besonders optimistisch.

SYSTEMLÖSUNGEN FÜR DEN UMSTIEG

Verlässliche Systemlösungen basierend auf Erneuerbaren Energien sind die Voraussetzung dafür, dass Entwicklungs- und Schwellenländer bis 2040 aus fossilen Energien aussteigen und eigene Systeme entwickeln (Thesen 1 und 45). Konventionelle Kraftwerke können kleiner und flexibler werden (These 39). Sustainable Cities, neu entstehende Zellenstrukturen und der Boom der Elektromobilität (Thesen 27, 36 und 38) sind weitere Aspekte dieses Szenarios.

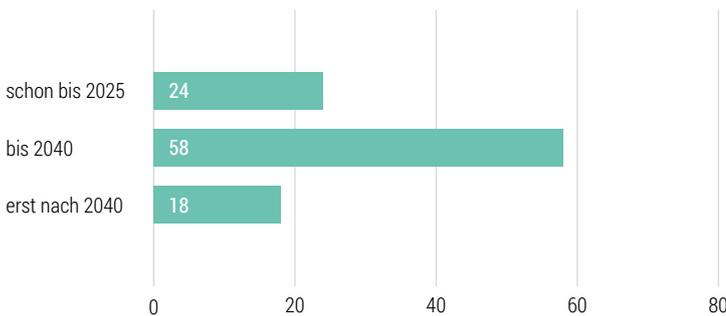
THESE 35

Im Jahr 2040 haben erneuerbare Energien in Verbindung mit Speichern die günstigsten Stromgestehungskosten. Leistungsfähige Anlagen für die Eigenerzeugung werden im Einzelhandel verkauft und sind mit wenigen Handgriffen zu installieren.

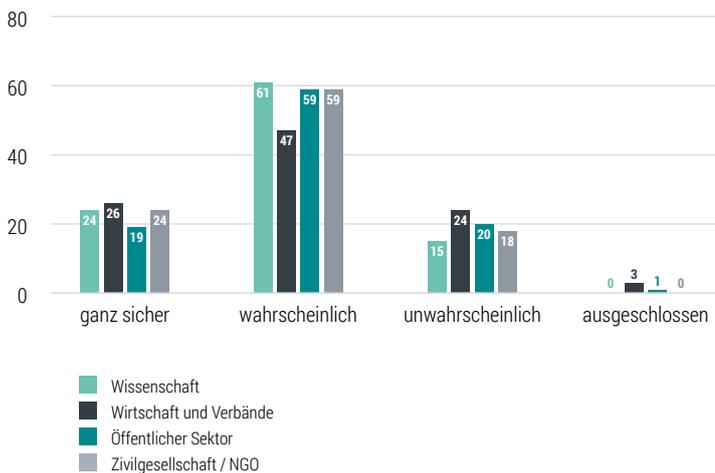
TRITT DIESE THESE EIN?



BIS WANN TRITT DIE THESE EIN? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



WIRTSCHAFTLICHKEIT IST ZENTRAL

In dieser ganz zentralen Frage nach der Wirtschaftlichkeit Erneuerbarer Energien sind sich die Experten überwältigend einig. Die Wettbewerbsfähigkeit im Vergleich zu konventioneller Erzeugung ist der Durchbruch für die Erneuerbaren, weil sie sie zur gangbaren Alternative für Länder macht, die sich von Importen fossiler Brennstoffe unabhängig machen wollen. Auf der Ebene der „Prosumer“ steigt dadurch die Akzeptanz weiter.

SPEICHER SIND GAME CHANGER

Für die Frage, ob und wie ein starker Anstieg des Energiebedarfs gedeckt werden kann, spielt die Wirtschaftlichkeit der Erneuerbaren eine wichtige Rolle (Thesen 5 und 9), ebenso für die Erwartung, dass sich Energiearmut nicht entwickeln wird (These 30). Vor allem leistungsfähige Speicher werden von den Experten als die entscheidenden „Game Changer“ im Jahr 2040 betrachtet (These 43).

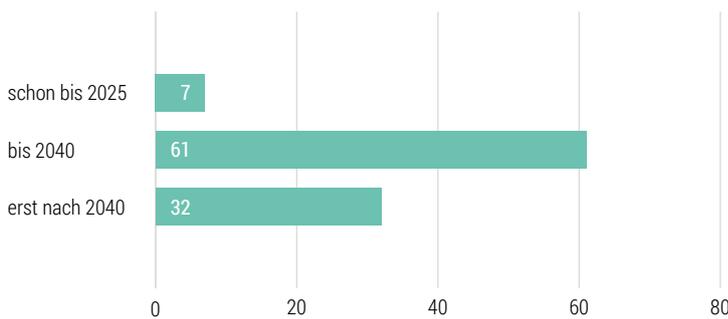
THESE 36

Im Jahr 2040 haben Elektrofahrzeuge dank neuer Batterietechnik Reichweiten von über 3.000 Kilometern je Ladung und lassen sich mittels Induktion in Minuten aufladen.

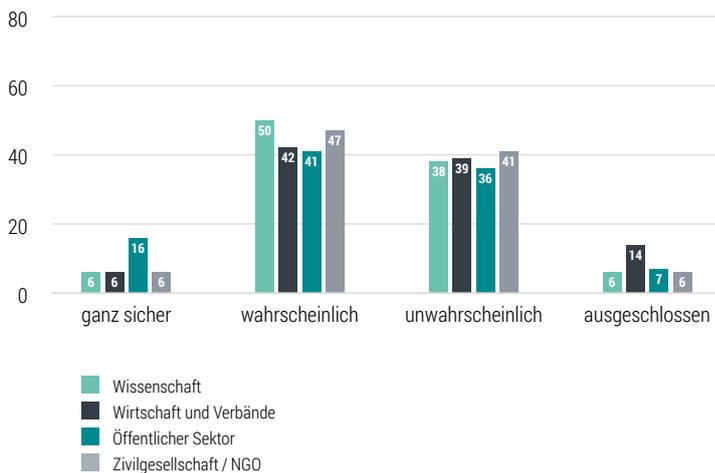
TRITT DIESE THESE EIN?



BIS WANN TRITT DIE THESE EIN? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



ELEKTROMOBILITÄT AUF PLATZ 1

Ob das Jahr 2040 rasante technologische Fortschritte in der Elektromobilität sieht, darüber sind sich die Experten nicht einig. Doch mehr als die Hälfte von ihnen hält es für realistisch, dass Elektrofahrzeuge auf Reichweiten kommen, die Verbrennungsmotoren auch hinsichtlich Komfort und Praktikabilität auf Platz 2 verbannen. Auch wenn dieser entscheidende Durchbruch von vielen eher für die Jahre nach 2040 erwartet wird.

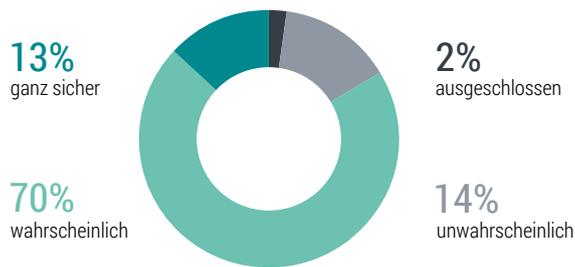
BAUSTEIN EINES NEUEN SYSTEMS

Die Erwartung einer „All Electric Society“ im Jahr 2040 deckt sich mit dem Szenario leistungsfähiger Elektromobilität (These 33). Fortschritte in der Speichertechnologie sind Bedingung für die Übernahme der Systemstabilität durch die Erneuerbaren (These 34). Im Jahr 2040 sind Speicher der wichtigste „Game Changer“ (These 43).

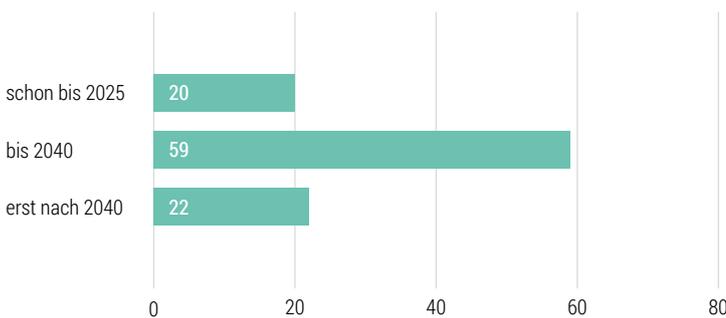
THESE 37

Im Jahr 2040 treiben Dünnschicht- und organische Photovoltaik als „Game Changer“ die Dezentralisierung der Energieerzeugung voran; stromerzeugende Fenster und Fassaden erobern den Markt.

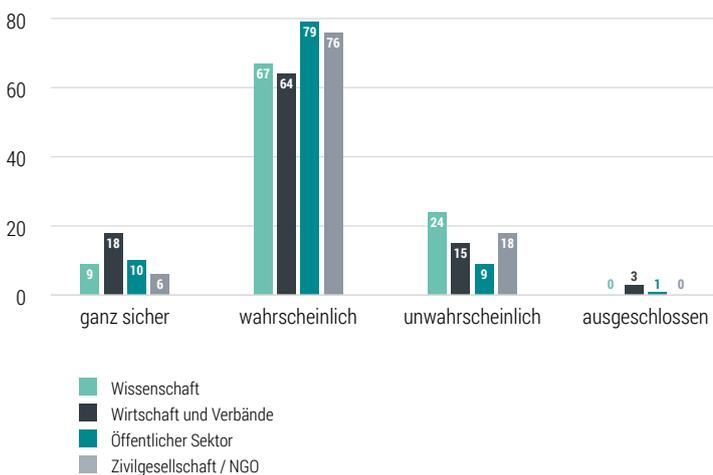
TRITT DIESE THESE EIN?



BIS WANN TRITT DIE THESE EIN? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



PV IST „GAME CHANGER“

Die überwiegende Mehrheit der Experten geht davon aus, dass sich bahnbrechende neue Technologien im Bereich Photovoltaik (PV) bis zum Jahr 2040 im Markt durchsetzen und die dezentrale Stromerzeugung weiter vorantreiben werden. Diese neuen Technologien „verändern das Spiel“, indem sie die Einsatzbereiche von PV enorm erweitern. Die befragten deutschen und nicht-deutschen Experten sind hier gleicher Ansicht.

NEUE PERSPEKTIVEN

Dünnschicht- und organische Photovoltaik, die den Markt erobern haben, sind Bestandteil der erwarteten „All Electric Society“ (These 33). Ihre Wirtschaftlichkeit treibt die Dezentralisierung weiter voran (These 35) und begünstigt den Aufbau von teillautarken Zellenstrukturen in den Energiesystemen ebenso wie von Sustainable Cities (These 27). Insbesondere dezentral geprägte Entwicklungsländer können davon profitieren (These 45).

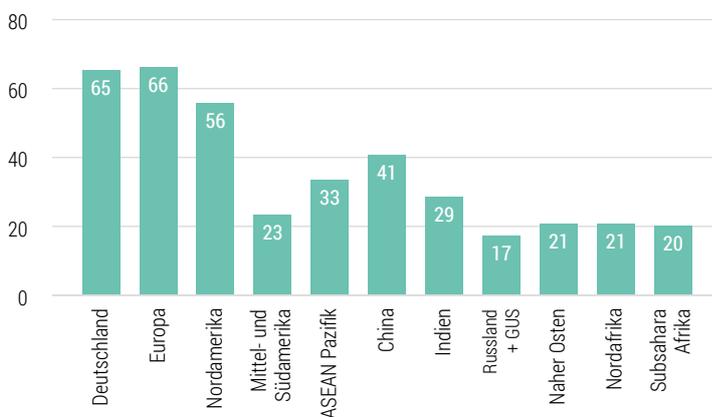
THESE 38

Im Jahr 2040 hat die Energieversorgung die Form einer Zellenstruktur angenommen: miteinander verbundene Zellen und „Inseln“ von der Größe einer Stadt oder mittleren Region beziehen ihre Energie aus Sonne, Wind, Speichern und geringer konventioneller Reserve.

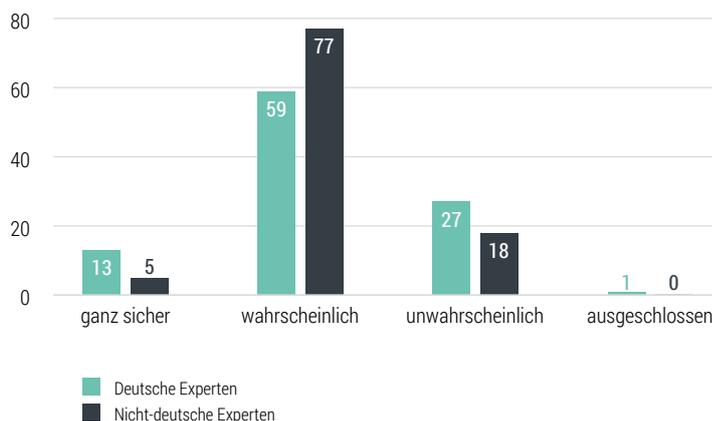
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN DEUTSCHE UND NICHT-DEUTSCHE EXPERTEN DIE ENTWICKLUNG? (IN %)



ZELLENSTRUKTUREN ENTSTEHEN

Den Eintritt dieser These hält eine weit überwiegende Mehrheit der Befragten für wahrscheinlich. Sie gehen davon aus, dass dies überwiegend in Deutschland, Europa, Nordamerika und China der Fall sein wird. Es gibt keine signifikanten Unterschiede in der Bewertung hinsichtlich der Sektorenzugehörigkeit der befragten Experten.

FLEXIBILISIERUNG NIMMT ZU

An anderer Stelle erwarten die Experten eine Dezentralisierung, Flexibilisierung und Individualisierung auch im Bereich der Energiepreise und der Tarife (Thesen 48, 49 und 54). Das Szenario kann auch im Kontext der Erwartung eines auch die Stromproduktion und den Verbrauch koordinierenden Internet der Dinge gelesen werden (These 52). Auch die Finanzierung von Energieinvestitionen wird nach Ansicht der Experten kleinteiliger und dezentraler (These 56).

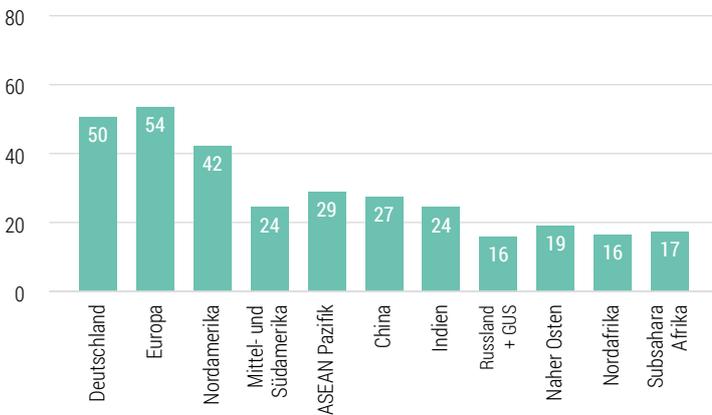
THESE 39

Im Jahr 2040 haben sich die Maßstäbe auch in der konventionellen fossilen Stromerzeugung umgekehrt: die ehemals großen Kraftwerke sind kleinformig und flexibel geworden, mit einer Kapazität von regulär nicht mehr als 100 MW.

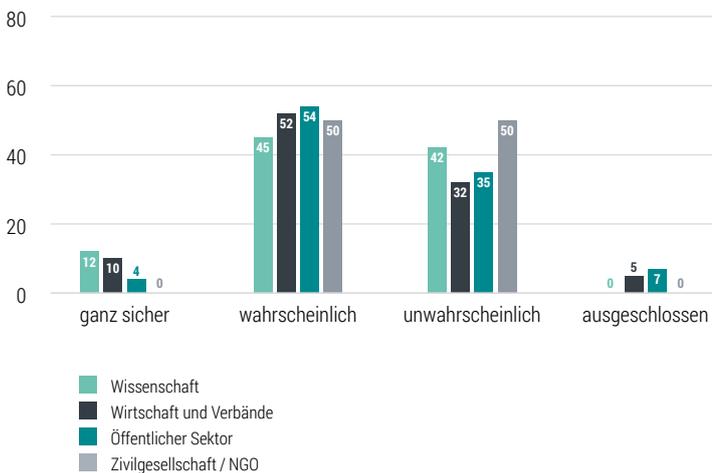
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



KRAFTWERKE KLEIN UND FLEXIBEL

Knapp zwei Drittel der befragten Experten gehen davon aus, dass insbesondere in Europa, Deutschland und Nordamerika – aber mit Abstrichen auch in Asien – die konventionelle Kraftwerksstruktur durch kleinere, dezentralere Einheiten geprägt sein wird. Die deutschen Experten schätzen die Eintrittswahrscheinlichkeit geringfügig höher ein als die nicht-deutschen Experten.

NEUE MASSSTÄBE

Kleinere fossile Kraftwerke passen zu der erwarteten Zellenstruktur in der Energieversorgung (These 38). Die dominante Rolle wechselt von den Energieversorgern zu „Prosumern“ und anderen neuen Akteure (These 50). Wenn sich der Maßstab bei konventionellen Kraftwerken tatsächlich umkehrt, können Energieinvestitionen durch kleinere crowd- und community-basierte Fonds und Mikrofinanzierung gestemmt werden (These 56).

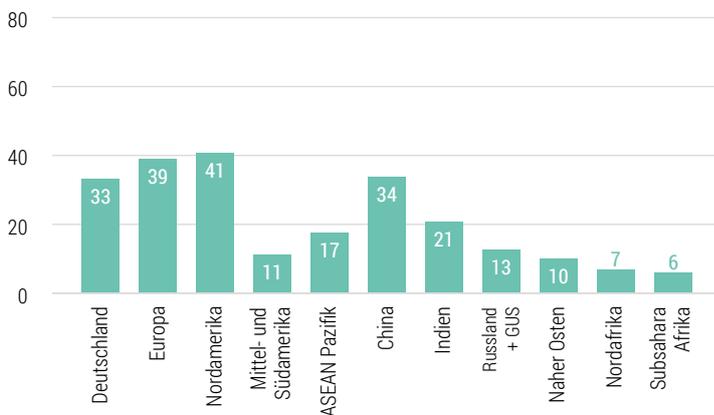
THESE 40

Im Jahr 2040 hat der Einsatz von CO₂-Abscheidung und Speicherung (CCS) Klimaschutz und fossile Energien versöhnt. In der Kohlenstoff-Chemie entstehen neue Anwendungsfelder für das gespeicherte CO₂.

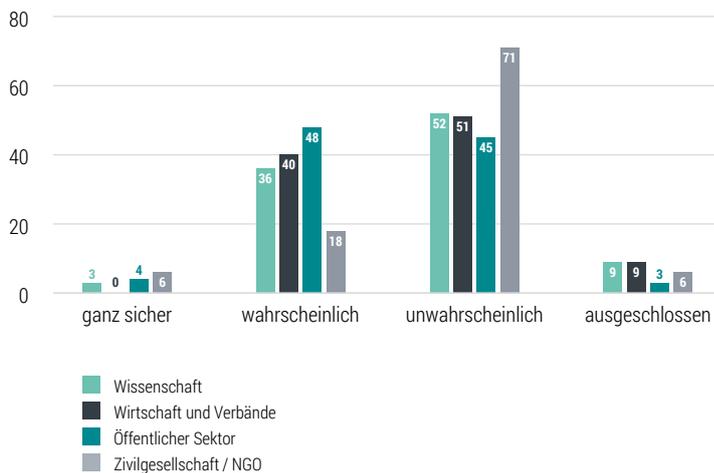
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



CCS OHNE GROSSE CHANCE

Eine knappe Mehrheit der befragten Experten hält es für unwahrscheinlich bzw. ausgeschlossen, dass die Abscheidung und Speicherung von CO₂ (CCS) und die industrielle Verwertung des gespeicherten CO₂ einen nennenswerten Umfang erreichen werden. Soweit dies dennoch für realistisch gehalten wird, sehen die Experten es in Nordamerika, Europa und China. Die Meinungen der deutschen Fachleute und ihrer nicht-deutschen Kollegen differieren hier sehr stark: Die deutschen Experten halten ein Eintreten für mehrheitlich unwahrscheinlich.

UMSTIEG ERWARTET

Betrachtet man die Erwartungen der Experten insgesamt, wird deutlich, dass sie in der Mehrheit auf den Umstieg von konventionellen auf Erneuerbare Energien setzen (These 1). Fossilen Kraftwerken wird insoweit eine Zukunft zugebilligt, als auch sie ihre Struktur und Einsatzbereiche ändern (These 39).

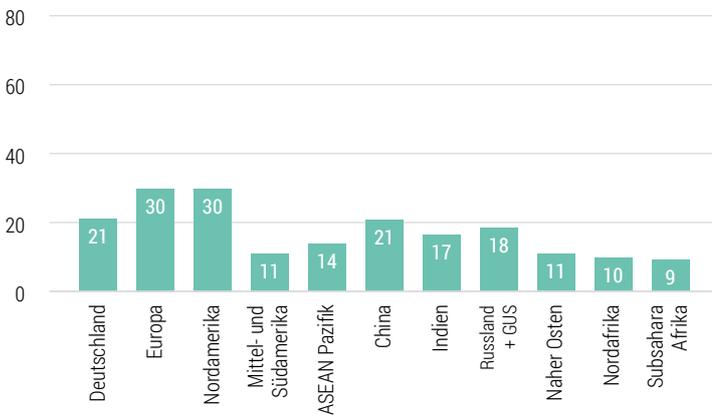
THESE 41

Im Jahr 2040 hat die Kernfusion den Durchbruch geschafft und deckt die Grundlast von Industrie- und Schwellenländern.

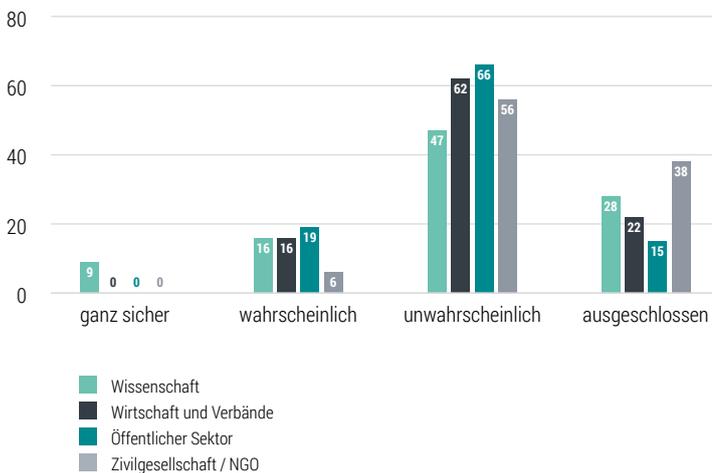
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



KERNFUSION OHNE PERSPEKTIVE

Als unwahrscheinlich oder ausgeschlossen bewertet die überwiegende Mehrheit der befragten Experten das Eintreten dieser These. Ein knappes Fünftel der Fachleute meint, dass die Kernfusion den Durchbruch – wenn überhaupt – in Europa und Nordamerika schaffen kann. Bei dieser These herrscht Einigkeit zwischen den deutschen und den nicht-deutschen Experten.

GROSSTECHNOLOGIE UNATTRAKTIV

Bei den Experten herrscht Skepsis hinsichtlich der Beherrschbarkeit und der Attraktivität von Großtechnologien, zumal atomaren. Entwicklungs- und Schwellenländer steigen aus hoch subventionierten Strukturen aus einer Vielzahl von Gründen aus (These 1). Gleichzeitig sind die Stromgestehungskosten der Erneuerbaren im Jahr 2040 so niedrig und ihre Leistungsfähigkeit in Verbindung mit Speichern so hoch (Thesen 34 und 35), dass hochkomplexe Großtechnologie auch wirtschaftlich vergleichsweise unattraktiv wird. Die Energy Transition ist im Jahr 2040 ein positiver Wirtschaftsfaktor (These 18) und sie macht die Systeme resilienter (These 23).

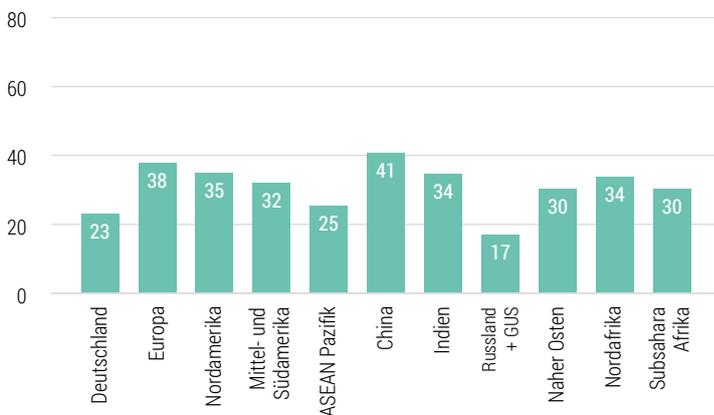
THESE 42

Im Jahr 2040 schränkt zunehmende Wasserknappheit den Einsatz von Wasserkraft-Anlagen und thermischen Kraftwerken mit hohem Kühlungsbedarf stark ein.

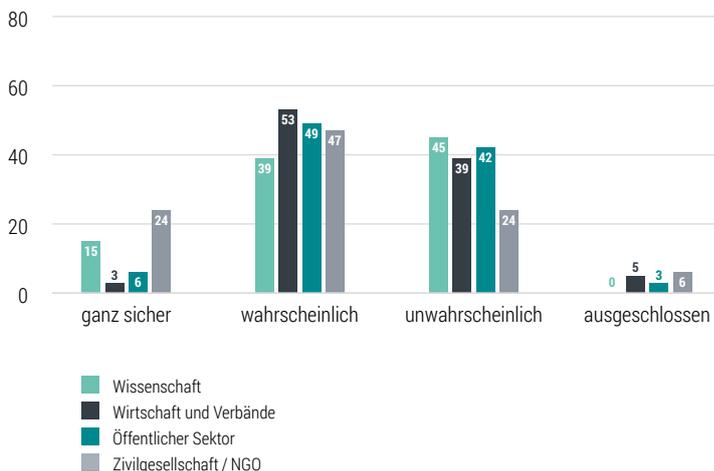
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



EXPERTEN SIND UNSICHER

Uneinigkeit herrscht auch hier zwischen den Experten, mit welcher Wahrscheinlichkeit diese These eintreten wird. Wenn die zunehmende Wasserknappheit zu Einschränkungen führt, dann insbesondere in China und Teilen Europas, aber auch Nordamerika, Indien und Nordafrika. Ein marginal größerer Anteil der deutschen Befragten hält ein Eintreten der These für unwahrscheinlich im Vergleich zu den internationalen Experten.

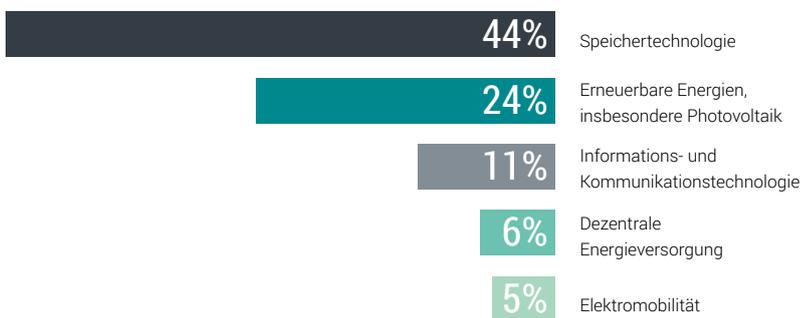
UMSTIEG BESCHLEUNIGT

Dieses Szenario würde den Ausstieg von Entwicklungs- und Schwellenländern aus den fossilen Energieträgern und der Atomkraft deutlich forcieren (These 1). Auch diejenigen Experten die von einem „Leapfrogging“ afrikanischer Länder ausgehen, würden in ihren Erwartungen bestätigt (These 45).

THESE 43

Im Jahr 2040 wird folgende Technologie als „Game Changer“ die Energiesysteme grundlegend verändert haben.

TOP 5 DER „GAME CHANGER“-TECHNOLOGIEN



SPEICHER VERÄNDERN ALLES

In ihrer Leistung und Einsatzbreite erheblich weiter entwickelte Speichertechnologien sind aus Sicht der Experten der wichtigste technologische „Game Changer“ der Energy Transition, gefolgt von den Erneuerbaren Energien selbst – eine sich gegenseitig verstärkende Dynamik. Informations- und Kommunikationstechnologie wird als dritter Bestandteil der Herausbildung neuer Systeme ebenfalls für wichtig gehalten. Elektromobilität als Anwendungstechnologie rangiert noch unter den wichtigsten fünf Faktoren.

ZENTRALER TREIBER

Speicher sind ein wichtiger Faktor in zahlreichen anderen Szenarien, von der Dezentralisierung (Thesen 23 und 28), über die Wirtschaftlichkeit und Systemintegration der Erneuerbaren (Thesen 34, 35 und 38) bis hin zu gesellschaftlichen Effekten (These 29). Ob auf Erneuerbaren Energien basierende Systeme eine echte Alternative und ökonomische Chance für Entwicklungs- und Schwellenländer darstellen, wird auch vom Preis und der Leistungsfähigkeit der im Jahr 2040 verfügbaren Speichertechnologien abhängen (Thesen 1 und 45).

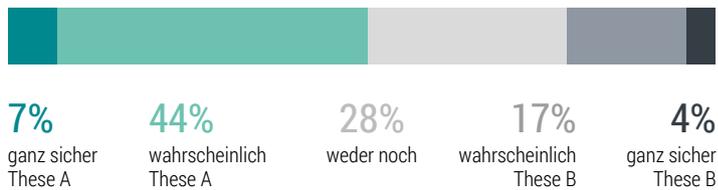
THESE 44

A: Im Jahr 2040 hat Deutschland die internationale Systemführerschaft für das Management eines mehrheitlich auf erneuerbaren Energien aufgebauten Energiesystems und ist führende Exportnation für Energietechnik.

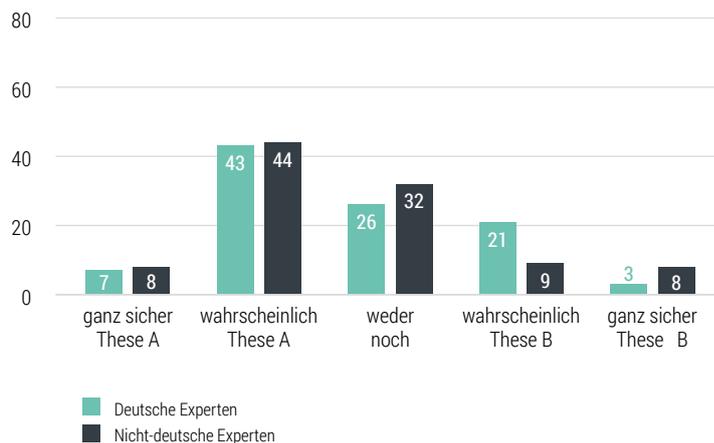
VERSUS

B: Im Jahr 2040 hat sich die Hoffnung, die deutsche „Energiewende“ werde zum Exportschlager, zerschlagen; ein hoher Komplexitätsgrad, steigende Subventionen und Akzeptanzprobleme machen das vermeintliche „Modell“ unattraktiv.

WELCHE DER BEIDEN THESEN (A, B) TRITT EIN?



WIE BEWERTEN DEUTSCHE UND NICHT-DEUTSCHE EXPERTEN DIE ENTWICKLUNG? (IN %)



EXPERTEN UNEINS ÜBER MODELL D

Eine knappe Mehrheit der befragten Fachleute geht davon aus, dass Deutschland im Jahr 2040 internationaler Systemführer in Sachen nachhaltiger Energiesysteme ist. Nur ein Fünftel ist der Auffassung, dass Deutschlands Modell der Energiewende für andere Länder unattraktiv ist. Allerdings entscheiden sich 28 Prozent der Experten nicht klar für eine der beiden Alternativen.

REIZ EINFACHER LÖSUNGEN

Die internationalen Fachleute bewerten Deutschlands Chancen vor dem Hintergrund eines wachsenden, weltweiten Innovationswettbewerbs, vor allem mit China (These 46). Aus Sicht vieler Experten ist es außerdem für viele Länder attraktiver, eigene Systeme auf dem Wege „frugaler“ Innovationen zu entwickeln (These 45). Der Reiz der Energy Transition liegt – darauf deuten viele Erwartungen hin – vor allem in dezentralen, preiswerten und leicht zu implementierenden Lösungen, nicht so sehr in hochkomplexen Systemlösungen.

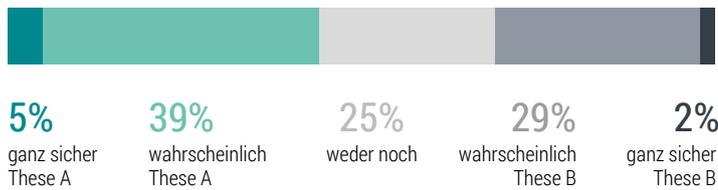
THESE 45

A: Im Jahr 2040 haben sich die Länder Afrikas mit dem Aufbau dezentraler erneuerbarer Energien von den internationalen Rohstoffmärkten unabhängig gemacht und entwickeln selbst neue Energiesysteme (frugale Innovationen).

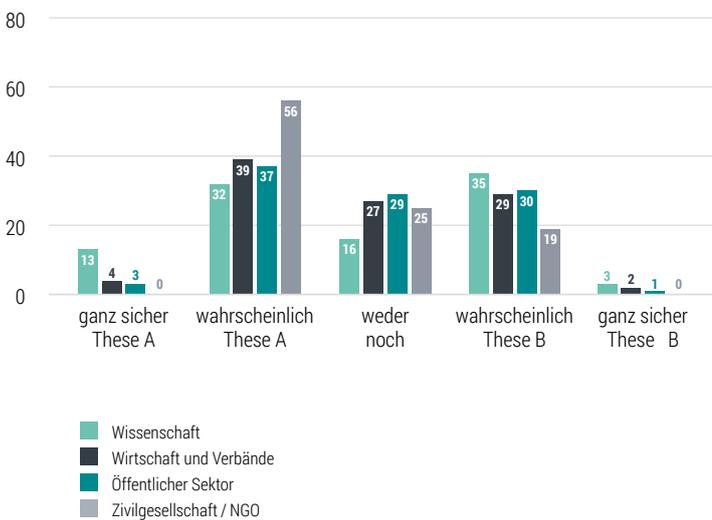
VERSUS

B: Im Jahr 2040 haben hohe Investitionskosten erneuerbarer Energien, fehlende Investoren und Qualifikationen ein „Leapfrogging“ in Afrika verhindert. Der Energiemix wird durch fossile Energieträger dominiert.

WELCHE DER BEIDEN THESEN (A, B) TRITT EIN?



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



CHANCEN UND RISIKEN

Zwar sieht mit 44 Prozent ein großer Teil der Experten für die Länder Afrikas Chancen für den Aufbau eigener, dezentraler Systeme. Allerdings ist auch die Skepsis groß: Ein Viertel entscheidet sich nicht eindeutig, rund ein Drittel hält ein „Leapfrogging“ für unrealistisch oder zumindest unwahrscheinlich. Die Vertreter der Zivilgesellschaft und NGOs sind deutlich optimistischer.

VIELE UNWÄGBARKEITEN

Eine Realisierung dieser These würde umso wahrscheinlicher, je preiswerter und leistungsfähiger dezentrale Erzeugung aus Erneuerbaren Energien ist (Thesen 34 und 35). Auch erwartete positive volkswirtschaftliche Konsequenzen können eine Motivation sein (These 18). In diesem Kontext ist auch die These 56 zur Finanzierung von Energie-Investitionen zu lesen, bei der allerdings Unsicherheit besteht.

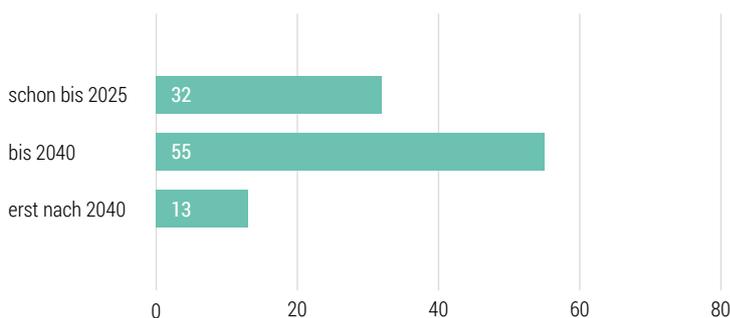
THESE 46

Im Jahr 2040 ist China der weltgrößte Entwickler und Innovator von nachhaltigen Energietechnologien.

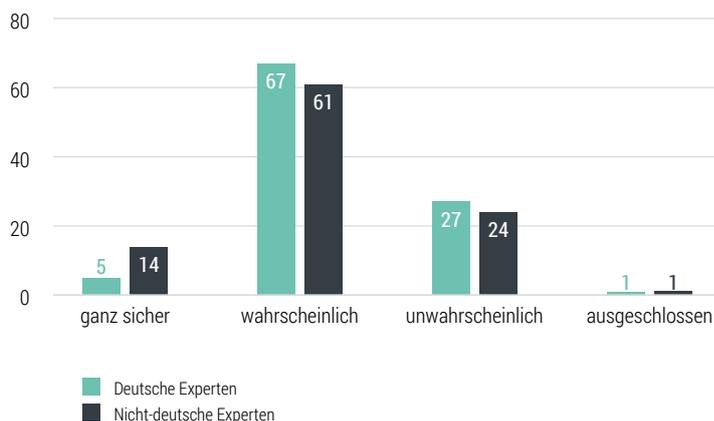
TRITT DIESE THESE EIN?



BIS WANN TRITT DIE THESE EIN? (IN %)



WIE BEWERTEN DEUTSCHE UND NICHT-DEUTSCHE EXPERTEN DIE ENTWICKLUNG? (IN %)



CHINA DOMINIERT

Nahezu drei Viertel der befragten Personen gehen davon aus, dass China im Jahr 2040 der weltgrößte Entwickler und Innovator von nachhaltigen Energietechnologien ist. Immerhin ein Drittel nimmt an, dass dies bereits bis 2025 der Fall ist. Zwischen den Sektoren und international herrscht hinsichtlich der Einschätzung dieser These weitgehend Einigkeit.

MITTELSCHICHT MACHT DRUCK:

Der Aufstieg Chinas in diesem Bereich wird auch getrieben vom wachsenden Druck der dort lebenden Mittelschicht in Richtung eines stärkeren Umweltschutzes (These 8). Er steht im Kontext eines funktionierenden internationalen Klimaschutzregimes (These 11). Für Deutschland bedeutet die führende Rolle Chinas eine Herausforderung – die deutsche Energiewende wird nicht ohne Weiteres zum Exportschlager werden (These 44).

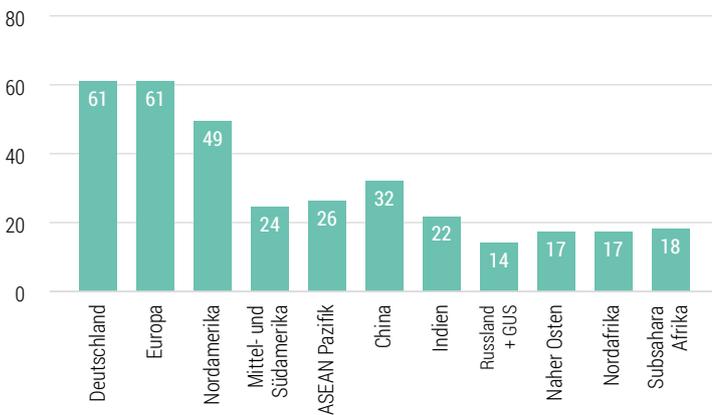
THESE 47

Im Jahr 2040 spielt der Strompreis pro Kilowattstunde nur noch eine untergeordnete Rolle, weil die erneuerbaren Energien mit ihren niedrigen Grenzkosten den Markt bestimmen.

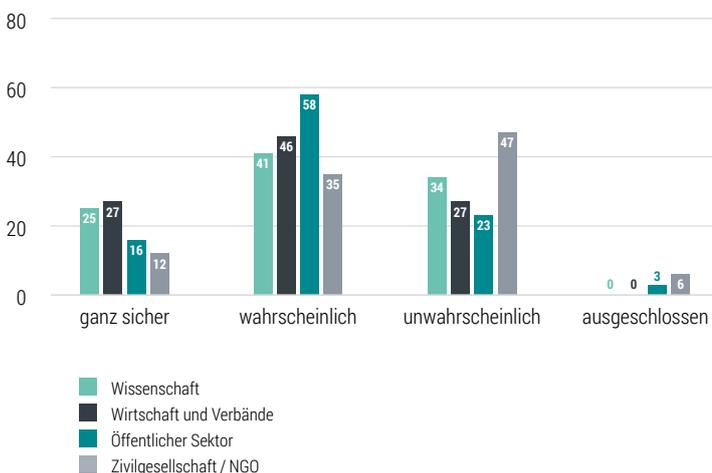
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



GRENZKOSTEN „NULL“

Mehr als zwei Drittel der befragten Experten gehen davon aus, dass ganz sicher oder zumindest wahrscheinlich der Strompreis pro Kilowattstunde in Deutschland, Europa und Nordamerika kaum eine Rolle mehr spielen wird. Eingeschränkt wird dies auch für China so gesehen. Zweifelnder sind allerdings die Vertreter der Zivilgesellschaft: Unter ihnen halten mehr als die Hälfte dies für unwahrscheinlich.

AUSWIRKUNGEN AUF VERBRAUCH?

Mit diesem Szenario steigt auch die Wahrscheinlichkeit einer „All Electric Society“ (These 33), und es hat Auswirkungen auf das Tarifgefüge (These 48). Ein Stromangebot zu niedrigen Grenzkosten kann auch Effekte auf die Nutzung von neuen Komfort-Lösungen für private Haushalte haben – und deren Energieverbrauch steigen lassen (These 25).

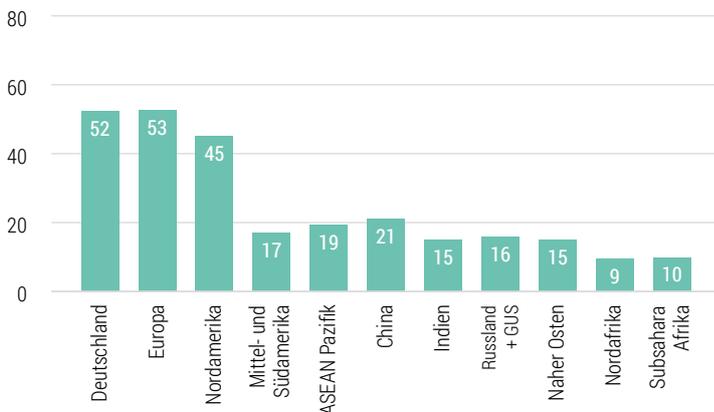
THESE 48

Im Jahr 2040 zahlt der Verbraucher für Strom eine Flatrate, die sich an seinem Durchschnittsverbrauch und seinem individuellen Bedürfnis nach Versorgungssicherheit orientiert.

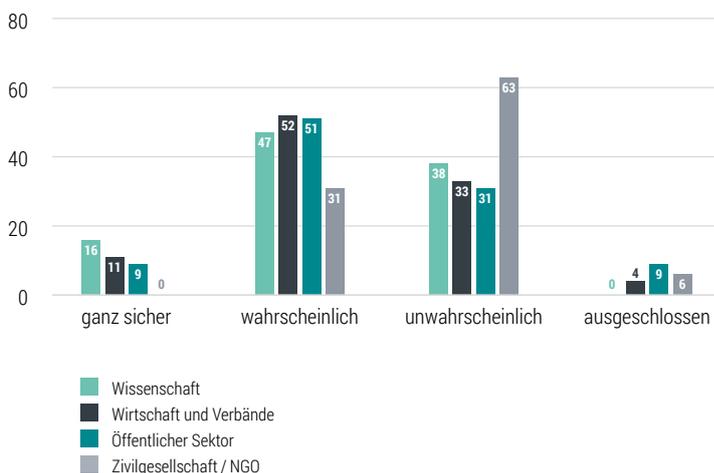
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



FLATRATES KOMMEN

Eine Mehrheit der Experten nimmt an, dass zu Systemen, die weitgehend auf Erneuerbaren Energien basieren und Energie in großen Mengen zu Grenzkosten nahe Null produzieren, auf Tarifseite eine individualisierte Flatrate am besten passt. Wahrscheinlich oder sicher wird dies in Deutschland, Europa und Nordamerika so sein. Dabei sind die Vertreter der Zivilgesellschaft sehr viel skeptischer als die Vertreter der anderen Sektoren. Auch die internationalen Experten schätzen dies im Vergleich mit den deutschen als weniger wahrscheinlich ein.

PREIS PER KWH WIRD OBSOLET

Dieses Szenario steht im Zusammenhang unter anderem mit den Erwartungen zu den Thesen 25 und 47: Nur eine Minderheit der Experten nimmt an, dass neue Komfortlösungen den Energieverbrauch der Haushalte drastisch steigen lassen. Allerdings sehen viele, dass der Strompreis per Kilowattstunde obsolet wird. Auch nehmen die allermeisten Fachleute an, dass im Jahr 2040 der Strommarkt durch hohe Auflösung, leistungsgemessene Kunden mit intelligenten Zählern und Endgeräten und „Real Time Pricing“ geprägt ist (These 54).

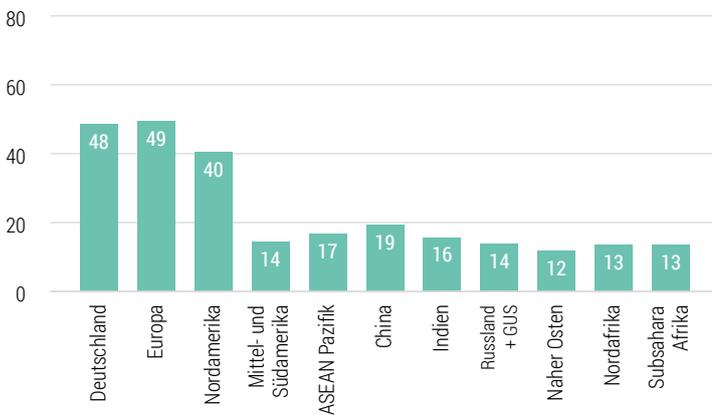
THESE 49

Im Jahr 2040 ist aufgrund des Ausbaus volatiler erneuerbarer Energien die kontinuierliche Verfügbarkeit von Strom keine Standardleistung der Energieversorger mehr, sondern muss vom Kunden separat zugekauft werden.

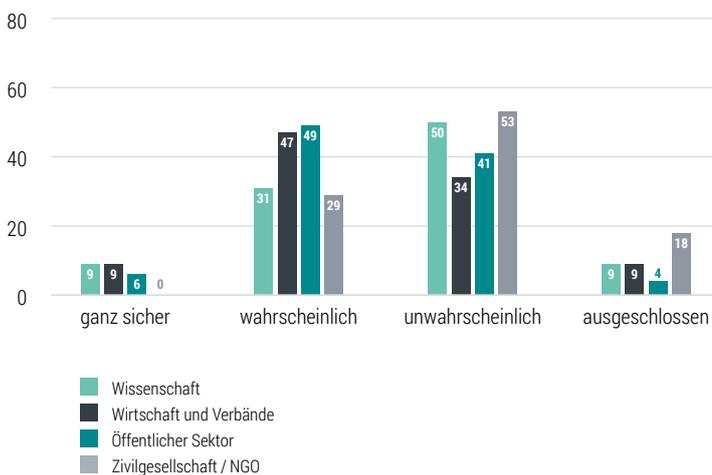
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



PREIS FÜR SICHERHEIT?

Die Meinung der Experten ist geteilt: Jeweils etwa die Hälfte sagt, dass Versorgungssicherheit künftig extra bepreist und vermarktet werden wird – oder eben nicht. Diejenigen, die davon ausgehen, dass Sicherheit einen Preis bekommt, erwarten dies in Deutschland, Europa und Nordamerika. Die internationalen Experten bewerten dies zu einem höheren Anteil als unwahrscheinlich.

INDIVIDUALISIERTES PRICING

Diese These lässt sich auch im Kontext mit der Frage nach der Energiearmut lesen (These 30), wobei die Experten letztere nicht als realistisch ansehen. Sie steht auch im Zusammenhang mit den Erwartungen über leistungsgemessene Kunden und „Real Time Pricing“ (These 54) – Erwartungen, die auch die Annahme verstärken können, dass in einem solchen System die Daten- und IT-Industrie an Bedeutung gewinnt (These 51).

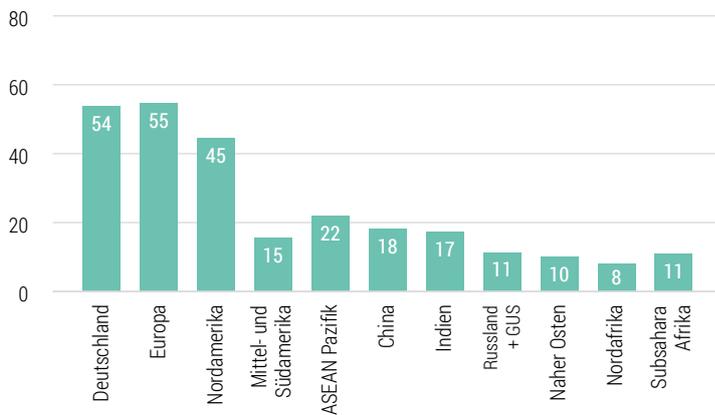
THESE 50

Im Jahr 2040 sind die klassischen Energieversorger nur noch für wenige technische Funktionen wie den Netzbetrieb verantwortlich, während viele kleine Produzenten die Stromerzeugung übernehmen und das Netzmanagement zur Domäne internationaler IT-Unternehmen geworden ist.

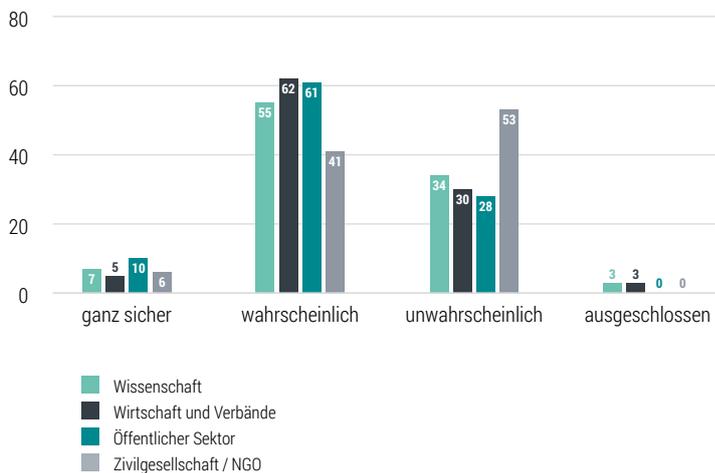
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



ENERGIEVERSORGER IN DER DEFENSIVE

Zwei Drittel der Befragten gehen davon aus, dass die klassischen Energieversorger vor allem auf den Netzbetrieb zurückgedrängt werden. Neue Akteure im Markt erwarten die Experten wahrscheinlich bzw. ganz sicher in Europa, Deutschland und Nordamerika. Zwischen den deutschen und internationalen Experten herrscht in dieser Frage Einigkeit, jedoch sehen Vertreter der Zivilgesellschaft eher Chancen für die Energieversorger.

NEUE GESCHÄFTSMODELLE

In anderem Zusammenhang sehen die Experten unter anderem die Internet-Riesen zu den größten „Playern“ der Energiebranche aufsteigen (These 51). Flatrates (These 48), leistungsgemessene Kunden und „Real Time Pricing“ (These 27) kommen ihrem Geschäftsmodell entgegen.

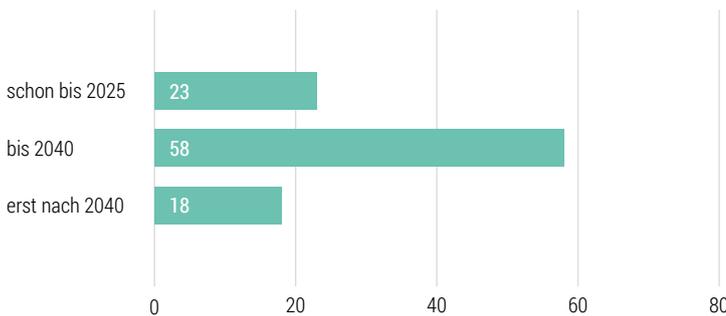
THESE 51

Im Jahr 2040 sind Internetriesen sowie die Daten- und IT-Industrie die größten Player der Energiewelt, weil sie große Datenmengen verarbeiten und die automatisierte Steuerung von Angebot und Nachfrage beherrschen.

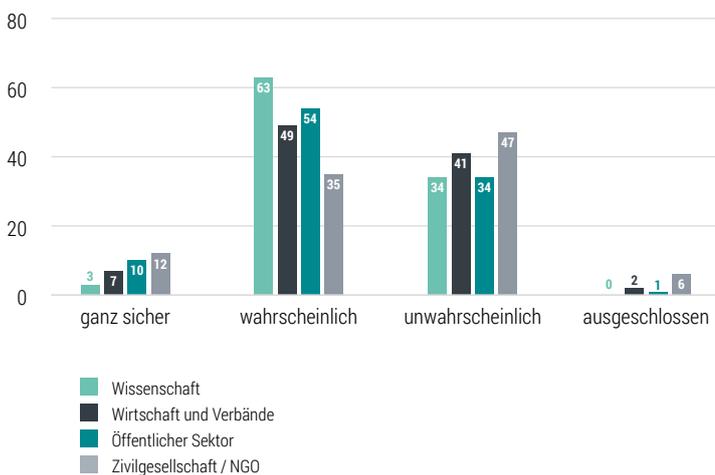
TRITT DIESE THESE EIN?



BIS WANN TRITT DIE THESE EIN? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



IT-INDUSTRIE SPIELT TRÜMPFPE AUS

Dass die Daten- und IT-Industrie im Jahr 2040 die größten „Player“ der Energiewelt stellt, hält eine Mehrheit der Experten von 60 Prozent für wahrscheinlich oder ganz sicher. Dies wird aber nicht vor 2040, sondern zum Teil eher als langfristige Entwicklung eingeschätzt. Deutsche und nicht-deutsche Experten teilen diese Erwartung, zwischen Wissenschaft und Zivilgesellschaft gehen die Einschätzungen aber relativ weit auseinander.

DATEN NICHT OHNE RISIKEN

Viele Experten sehen die IT-Industrie sogar als Nachfolger der klassischen Energieversorger (These 50). Im Internet der Dinge (These 52), das zunehmend auch Energieangebot und -verbrauch steuert, können die Datenfirmen ihre Kernkompetenz ausspielen. Die wachsende Schlüsselfunktion von Daten kann aber im Umkehrschluss die Infrastruktur der Energieversorgung anfälliger für Datenkriminalität und Cyber-Terrorismus machen (These 53).

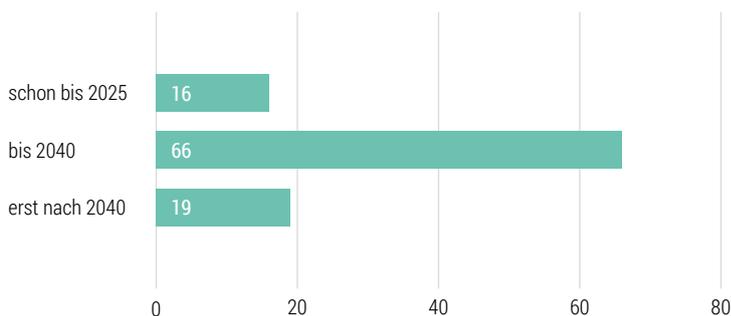
THESE 52

Im Jahr 2040 werden im „Internet der Dinge“ auch Stromproduktion und -verbrauch koordiniert; alle elektrischen Geräte melden online und autonom ihren Energiebedarf und reagieren ihrerseits auf Angebot und Preise.

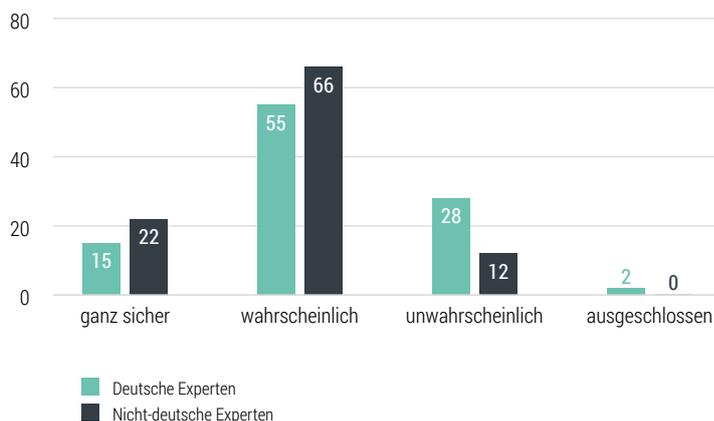
TRITT DIESE THESE EIN?



BIS WANN TRITT DIE THESE EIN? (IN %)



WIE BEWERTEN DEUTSCHE UND NICHT-DEUTSCHE EXPERTEN DIE ENTWICKLUNG? (IN %)



ENERGIE IM INTERNET DER DINGE

Drei Viertel der Experten halten es für wahrscheinlich oder ganz sicher, dass im Internet der Dinge des Jahres 2040 die Energiewelt bis auf die Geräteebene eng vernetzt ist und sich weitgehend selbst steuert. Jeder Fünfte sieht das allerdings als eher langfristige Entwicklung nach 2040. Die deutschen Experten sind allerdings skeptischer als die nicht-deutschen Fachleute.

AUTOMATISIERUNG UND VERNETZUNG

In den Haushalten des Jahres 2040 werden eine Vielzahl von Komfort- und Mobilitätslösungen vernetzt sein (These 25) – die natürliche Domäne von IT- und Datenunternehmen, die auf dieser Basis neue Tarif- und Abrechnungsmodelle entwickeln können (Thesen 51 und 54). Auf Ebene des Energiehandels vollzieht sich eine ähnliche Entwicklung: Auf Basis komplexer Algorithmen entstehen vollautomatisierte Handelssysteme (These 55).

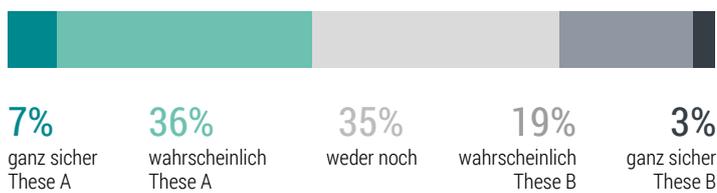
THESE 53

A: Im Jahr 2040 sorgen Datenkriminalität und Cyberterrorismus weltweit für Stromausfälle und Systemschocks.

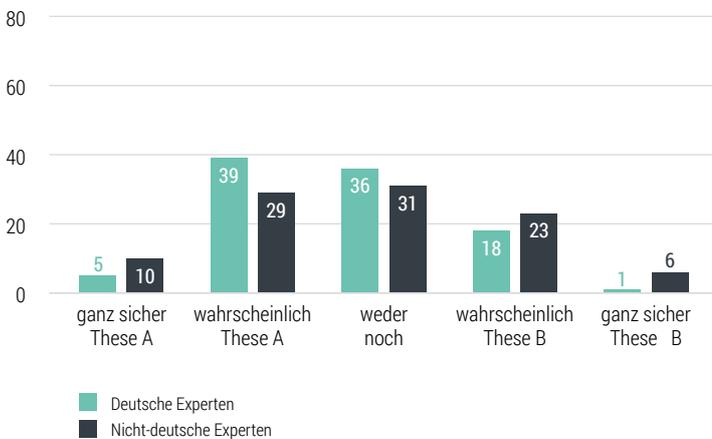
VERSUS

B: Im Jahr 2040 sind die Sicherheitslücken gegenüber dem Missbrauch von Energiedaten geschlossen.

WELCHE DER BEIDEN THESEN (A, B) TRITT EIN?



WIE BEWERTEN DEUTSCHE UND NICHT-DEUTSCHE EXPERTEN DIE ENTWICKLUNG? (IN %)



BEGRENZTE CYBER-RISIKEN

Die Experten tendieren insgesamt weder zum drastischen Szenario von „Cybershocks“ noch zu einem vollständigen Optimismus, die Begrenzung von Datenkriminalität betreffend. Zwar sieht die größte Gruppe eher die Risiken, aber 35 Prozent erwartet keines der Extremszenarien. Auch die Sektoren schätzen die zukünftige Sicherheitslage unterschiedlich ein: Der öffentliche und der gesellschaftliche Sektor tendieren mehrheitlich zum Risikoszenario. Wissenschaft, Wirtschaft und Verbände können sich für keine der beiden Richtungen entscheiden und votieren für „weder noch“.

HOCH VERNETZT

Generell gehen die internationalen Experten von einem hohen Grad an Vernetzung, Selbststeuerung und Datenwachstum aus (u.a. Thesen 38, 52, 54 und 55). Bis hin zur europäischen Ebene ist die datengestützte Vernetzung 2040 ein Schlüsselfaktor (These 17).

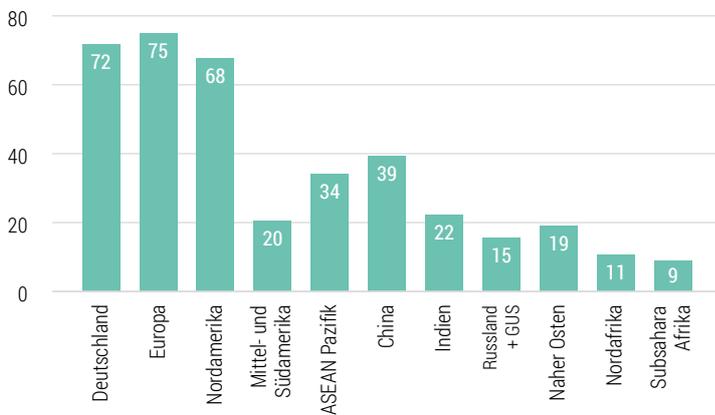
THESE 54

Im Jahr 2040 ist der Strommarkt geprägt durch hohe Auflösung, leistungsgemessene Kunden und „real time pricing“; intelligente Zähler und Endgeräte ermöglichen die Optimierung des Verbrauchs.

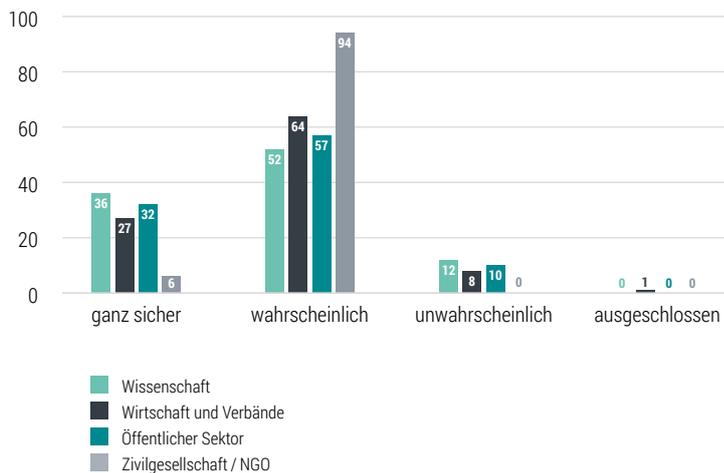
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



HOCHAUFLÖSENDE MÄRKTE

Nahezu alle Befragten gehen davon aus, dass der Strommarkt in Deutschland, Europa und Nordamerika 2040 durch hohe Auflösung, leistungsgemessene Kunden und „Real Time Pricing“ geprägt sein wird. Die deutschen und die internationalen Experten sind sich hierin einig. Auch für China und weitere Regionen in Asien wird diese Perspektive gesehen.

VIELE TREIBER

Neue Komfortlösungen in den Haushalten, auch wenn sie nicht unmittelbar den Energieverbrauch erhöhen, wollen koordiniert und optimal vernetzt werden (These 25). Neue Preis- und Tarifmodelle werden entstehen, die unter Umständen auch individuelle Angebote zur Versorgungssicherheit beinhalten (These 48). Das Internet der Dinge ist die technische Basis für optimierten Verbrauch und Leistungsmessung in Echtzeit (These 52). Im smarten Strommarkt werden IT-Konzerne eine große Rolle spielen (These 51).

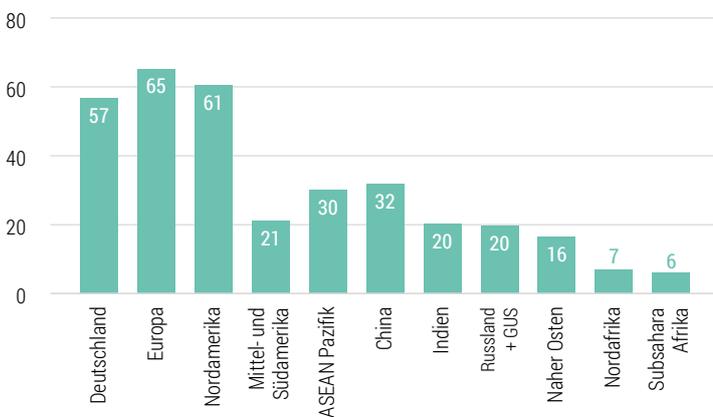
THESE 55

Im Jahr 2040 erfolgt der Energiehandel – wie der klassische Börsenhandel auch – auf Basis komplexer Algorithmen in vollautomatisierten Handelssystemen.

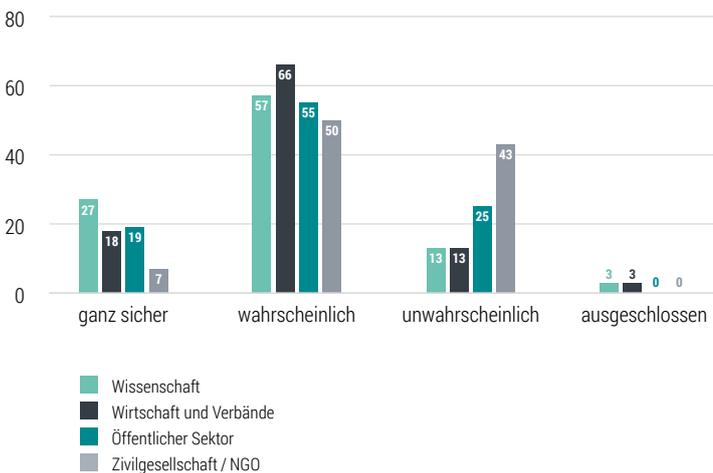
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



VOLLAUTOMATISCHES HANDELSYSTEM

Drei Viertel der Experten halten es mit Blick auf Europa, Nordamerika und Deutschland für wahrscheinlich oder ganz sicher, dass sich der Energiehandel nach dem Vorbild der modernen Börsen zu einem vollautomatisierten Handelssystem auf Basis von komplexen Algorithmen entwickelt. Absolute Einigkeit herrscht zwischen den deutschen und nicht-deutschen Befragten. Vertreter der Zivilgesellschaft und der NGOs sind hier allerdings zu einem größeren Teil skeptisch.

CHANCEN FÜR IT-KONZERNE

Wenn der Energiehandel auf Basis komplexer Algorithmen in vollautomatisierten Handelssystemen erfolgt, entstehen für große IT-Konzerne gute Chancen, ihre Kernkompetenzen auch in diesem Markt zu nutzen (These 51). Auch andere Szenarien gehen in diese Richtung, etwa die Erwartung eines durch hohe Auflösung und „Real Time Pricing“ bestimmten Strommarktes (These 54).

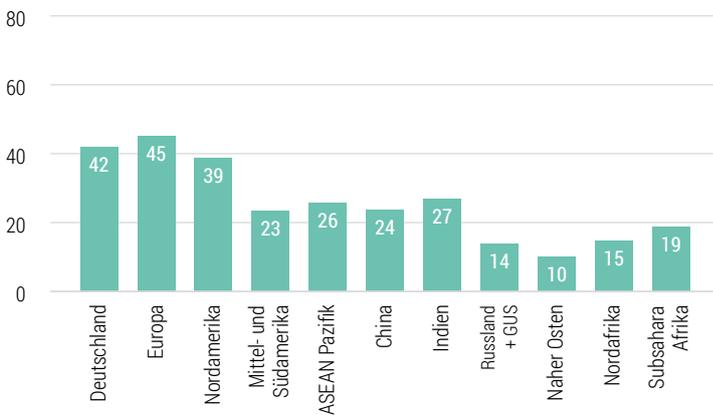
THESE 56

Im Jahr 2040 werden Energieinvestitionen aufgrund des Dezentralisierungstrends mehrheitlich nicht mehr durch Großinvestoren finanziert, sondern durch crowd- und community-basierte, kleinere Fonds und Mikrofinanzierung.

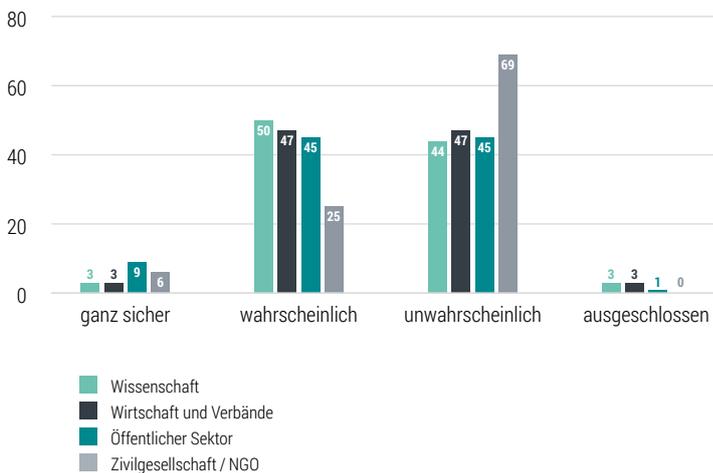
TRITT DIESE THESE EIN?



WO FINDET DIESE ENTWICKLUNG STATT? (IN %)



WIE BEWERTEN EXPERTEN DER VERSCHIEDENEN SEKTOREN DIE THESE? (IN %)



EXPERTEN SIND UNEINS

Die Erwartung der Experten hinsichtlich eines Siegeszuges der Mikro- und Crowdfunding-Finanzierung im Energiesektor ist fast genau hälftig geteilt. Die deutschen Befragten tendieren eher dazu, dass dies unwahrscheinlich ist. Die Experten, die wahrscheinlich und ganz sicher davon ausgehen, dass Energieinvestitionen mehrheitlich durch kleinere Fonds finanziert werden, nehmen an, dass dies überwiegend in Europa, Deutschland, Nordamerika und Indien realisiert wird.

KONTEXT DEZENTRALISIERUNG

Eine kleinteiligere Finanzierungs-basis für die Energieinfrastruktur ist im Zusammenhang mit verschiedenen anderen Thesen zu lesen, etwa zum Aufbau dezentraler Strukturen und der Durchsetzung „frugaler“ Innovationen in den Ländern Afrikas (These 45). Sie gehört in denselben Kontext wie die Erwartung, dass die Dezentralisierung auf Basis Erneuerbarer auch neue Impulse für die lokale gesellschaftliche Selbstorganisation geben kann (These 29). An anderer Stelle bewerten die Experten die technischen Grundlagen für entsprechende Entwicklungen (These 38).

DIE PROJEKTPARTNER



BDEW BUNDESVERBAND DER ENERGIE- UND WASSERWIRTSCHAFT E.V.

Der BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft vertritt über 1.800 Unternehmen. Das Spektrum der Mitglieder reicht von lokalen und kommunalen über regionale bis hin zu überregionalen Unternehmen. Sie repräsentieren rund 90 Prozent des Stromabsatzes, gut 60 Prozent des Nah- und Fernwärmeabsatzes, 90 Prozent des Erdgasabsatzes sowie 80 Prozent der Trinkwasser-Förderung und rund ein Drittel der Abwasser-Entsorgung in Deutschland.



DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT (GIZ)

Die GIZ ist ein weltweit tätiger Dienstleister der internationalen Zusammenarbeit für nachhaltige Entwicklung mit mehr als 50 Jahre Erfahrung in unterschiedlichsten Feldern, von der Wirtschafts- und Beschäftigungsförderung über Energie- und Umweltthemen bis hin zur Förderung von Frieden und Sicherheit. Das vielfältige Know-how des Bundesunternehmens GIZ wird rund um den Globus nachgefragt – von der deutschen Bundesregierung, Institutionen der Europäischen Union, den Vereinten Nationen und Regierungen anderer Länder. Hauptauftraggeber ist das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ). Intensiv kooperiert die GIZ mit der Privatwirtschaft und trägt so zu einem erfolgreichen Zusammenspiel von entwicklungspolitischem und außenwirtschaftlichem Engagement bei.

Alle diese Auftraggeber vertrauen der GIZ, Ideen für politische, gesellschaftliche und wirtschaftliche Veränderungen für sie zu entwickeln, konkret zu planen und umzusetzen. Als gemeinnütziges Bundesunternehmen steht die GIZ für deutsche und europäische Werte. Dies macht die GIZ zu einem vertrauenswürdigen und zuverlässigen Dienstleister, der gemeinsam mit seinen Partnern an wirksamen Lösungen arbeitet, die Menschen Perspektiven bieten und deren Lebensbedingungen dauerhaft verbessern.

Die GIZ hat ihren Sitz in Bonn und Eschborn. Das Geschäftsvolumen betrug im Jahr 2014 mehr als zwei Milliarden Euro. Von den 16.410 Beschäftigten in mehr als 130 Ländern sind rund 70 Prozent als Nationales Personal vor Ort tätig. Als anerkannter Träger des Entwicklungsdienstes entsendet die GIZ derzeit 785 Entwicklungshelferinnen und Entwicklungshelfer. Darüber hinaus hat CIM, eine Arbeitsgemeinschaft aus GIZ und der Bundesagentur für Arbeit, im Jahr 2014 rund 1.000 Integrierte und Rückkehrende Fachkräfte an lokale Arbeitgeber in den Einsatzländern vermittelt beziehungsweise finanziell oder durch Beratungs- und Serviceleistungen unterstützt.



**PRICEWATERHOUSECOOPERS
AG WPG (PWC)**

PwC betrachtet es als seine Aufgabe, gesellschaftliches Vertrauen aufzubauen und wichtige Probleme zu lösen. Mehr als 208.000 Mitarbeiter in 157 Ländern tragen hierzu mit hochwertigen, branchenspezifischen Dienstleistungen in den Bereichen Wirtschaftsprüfung, Steuer- und Unternehmensberatung bei.

Die Bezeichnung PwC bezieht sich auf das PwC-Netzwerk und/oder eine oder mehrere der rechtlich selbstständigen Netzwerkgesellschaften.

Weitere Details unter www.pwc.com/structure.

DANKSAGUNG

Unser ausdrücklicher Dank gilt den 80 im Anschluss aufgeführten Experten, die in mehrstündigen Interviews ihr Wissen und ihre Erwartungen an die Zukunft mit uns geteilt haben sowie jenen über 350 Experten, die unsere Thesen mehrfach ausführlich bewertet und kommentiert haben. Auf ihrem Wissen und ihrer Erfahrung beruht diese Studie und ohne deren Zeit und Engagement wäre sie nicht möglich gewesen.

INTERVIEWPARTNER

Alberto Acosta, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) Ecuador
Dr. Philip Andrews-Speed, National University of Singapore, Energy Studies Institute
Dr. Jorge Asturias, Latin American Energy Organisation (OLADE)
Dr. Hubertus Bardt, Institut der deutschen Wirtschaft (IW)
Dr. Morgan Bazilian, The World Bank Group
Prof. Dr. Marc Oliver Bettzüge, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI)
Dr. David Bresch, Swiss Re
Thomas Breuer, Greenpeace Germany
Dr. Michael Brower, American Council On Renewable Energy (ACORE)
Pablo Carvajal, Ministerio Coordinador de Sectores Estrategicos, Ecuador
Prof. Dr. Paul Collier, University of Oxford, Centre for the Study of African Economies
Stein Dale, E.ON SE
Tomáš David, EP ENERGY, a.s., Czech Republic
Lisa Davis, Siemens AG
Evelyn Dietsche, Dietsche Policy Analysis Limited, UK
Dr. Frank-Detlef Drake, RWE AG
Risa Edelman, American Council On Renewable Energy (ACORE)
Dr. Christoph Frei, World Energy Council
Dr. Lewis Fulton, University of California, Institute of Transportation Studies
Thomas Fureder, Barclays Capital
Sascha Gabizon, Women in Europe for a Common Future (WECF)
Fabio Garcia, Latin American Energy Organisation (OLADE)
Roland Grebe, SMA AG
Klaus Grewe, Jacobs Engineering
Dr. Alieto Aldo Guadagni, Instituto Di Tella, Argentina
Prof. Dr. Peter Guthrie, University of Cambridge, Department of Engineering Centre for Sustainable Development
Manfred Haberzettel, EnBW AG
Lex Hartman, Tennet Holding B.V.
Prof. Dr. Peter Hennicke, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH
Dr. Jörg Hermsmeier, EWE AG
Cornie Huizenga, Partnership on Sustainable Low Carbon Transport (SLoCaT)
Dr. Elham Mahmoud Ahmed Ibrahim, African Union Commission
Nikolaus Knebel, German University of Technology, Faculty of Architecture and Urban Planning (GUTech)

- Dr. Bernd Kordes**, Lahmeyer International GmbH
- Dr. Gregor Kumm**, ABB
- Rachel Kyte**, World Bank Group
- Alex Laskey**, OPower Inc.
- Prof. Dr. Uwe Leprich**, Institut für Zukunftsenergiesysteme GmbH
- Christine Lins**, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN 21)
- Dr. Thorsten Marquardt**, E.ON SE
- Dr. Ajay Mathur**, Government of India, Ministry of Power
- Dr. Ritu Mathur**, The Energy and Resources Institute (TERI) India
- Dr. Felix Christian Matthes**, Öko-Institut e.V.
- Dr. Urs Meister**, Avenir Suisse
- Julio Menendez**, Cámara Argentina de Energías Renovables (CADER)
- Prof. Dr. Christoph Menke**, Hochschule Trier
- Prof. Dr. Dirk Messner**, Deutsches Institut für Entwicklungspolitik (DIE)
- Prof. Dr. Eckard Minx**, Daimler und Benz Stiftung
- Dr. Tatiana Mitrova**, Russian Academy of Sciences, Energy Research Institute
- Prof. Dr. Wolfram Münch**, EnBW AG
- Prof. Dr. Nebojsa Nakicenovic**, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)
- Reema Nanavati**, Self Employed Women's Association (SEWA) India
- Eduardo Noboa**, Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER)
- Sheila Oparaocha**, ENERGIA – The International Network on Gender & Energy
- Dr. Kirit Parikh**, Integrated Research and Action for Development, India
- Alex Perera**, World Resources Institute (WRI)
- Prof. Dr. Dr. Franz Josef Radermacher**, Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung (FAW)
- Jairam Ramesh**, Member of Parliament, India
- Dr. Marina Yesica Recalde**, Fundacion Bariloche, Argentina
- Lennys Rivera**, Latin American Energy Organisation (OLADE)
- Alex Rugamba**, African Development Bank Group, Energy, Environment and Climate Change Department
- Yanina Rullo**, Senado de la Nación Argentina
- Jamal Saghier**, The World Bank Group
- Dr. Roberto Schaeffer**, Federal University of Rio de Janeiro
- Hans-Lothar Schäfer**, Techem GmbH
- Dr. Michael Schlesinger**, Prognos AG
- Michael Schmidt**, BP Europe SE
- Max Schwitalla**, Studio Schwitalla
- Dr. Fereidoon P. Sioshansi**, Menlo Energy Economics
- Prof. Albert Speer**, AS&P – Albert Speer & Partner GmbH
- Dr. Erico Spinadel**, Asociación Argentina de Energía Eólica
- Prof. Dr. Klaus Töpfer**, Institute for Advanced Sustainability Studies e.V.
- Clemens Triebel**, Younicos AG
- Prof. Arturo Villavicencio**, Universidad Andina Simón Bolívar, Ecuador
- Prof. Dr. Ernst Ulrich von Weizsäcker**, The Club of Rome
- Prof. Dr. Eicke Weber**, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)
- Prof. Dr. Michael Weinhold**, Siemens AG
- Dr. Kirsten Westphal**, Stiftung Wissenschaft und Politik (SWP)
- Dr. Marie-Luise Wolff-Hertwig**, HSE AG
- Jörg Wuttke**, BASF (China) Co. Ltd. Beijing
- Dr. Hu Zhaoguang**, State Grid Energy Research Institut, China
- Prof. Wang Zhongying**, China National Energy Research Institute, National Development and Reform Commission

IMPRESSUM

HERAUSGEBER:

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
PricewaterhouseCoopers AG WPG (PwC)

STEUERUNGSKREIS:

Stefan Kapferer, BDEW
Tanja Gönner, GIZ
Dr. Norbert Schwieters, PwC
Dr. Sven-Joachim Otto, PwC

ARBEITSKREIS:

Mathias Bucksteeg, BDEW
Birgit Heinrich, BDEW
Sebastian Abel, GIZ
Regine Dietz, GIZ
Dr. Mike Enskat, GIZ
Dr. Volker Breisig, PwC
Anja Cavunt, PwC
Alexander Quick, PwC

STAND:

Mai 2016

KONTAKT:

info@delphi-energy-future.com
www.delphi-energy-future.com/de

GESTALTUNG:

www.schumacher-visuell.de

