

POWER² CHANGE

MISSION
ENERGIE-
WENDE



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



**POWER²
CHANGE**
MISSION
ENERGIE-
WENDE



Inhaltsverzeichnis

GRUSSWORTE

Bettina Stark-Watzinger, Mitglied des Deutschen Bundestages, Bundesministerin für Bildung und Forschung	2 - 3
Prof. Görge Deerberg, Direktor Transfer, Fraunhofer UMSICHT, Koordinator Carbon2Chem-Verbundprojekte Prof. Kurt Wagemann, ehem. Geschäftsführer DECHEMA e.V., Koordinator der Kopernikus-Projekte	4 - 5
Dr. Kirsten Baumann, Direktorin des LWL-Industriemuseums Arne Dunker, Geschäftsführer des Klimahauses Bremerhaven	6 - 7

ZUM PROJEKT

Power2Change: Mission Energiewende	9
Im Dialog zur Energiewende	10 - 11
Zwischen Wissenschaft und Politik	12 - 15

DIE AUSSTELLUNG

Zur Einführung	17
Strom	18 - 19
Wasserstoff	20 - 21
Vernetzen. Wie können wir zukünftig zuverlässig mit Energie versorgt werden?	22 - 25
Verteilen. Wie können wir mit Grünem Strom die industrielle Produktion aufrecht erhalten?	26 - 29
Verwerten. Wie kann aus Abgas ein Rohstoff werden?	30 - 33
Verwandeln. Wie kann aus Strom, Wasser und Luft ein Kraftstoff werden?	34 - 39
Welcher „Energiewende-Typ“ bist du?	40 - 41
Die Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen	42 - 43
Fragen an Dr. Christoph Kost zur Energiewende	44 - 45

EIN BLICK HINTER DIE KULISSEN DES AUSSTELLUNGSMACHENS

Energiewende verhandeln. Zum didaktischen Konzept der Ausstellung	47 - 49
Ausstellung gestalten. Zum szenografischen Konzept	50 - 53
Das LWL-Museum Henrichshütte Hattingen	54
Das Klimahaus Bremerhaven	55

GLOSSAR	56 - 57
---------	---------

IMPRESSUM / NACHWEISE	59 - 60
-----------------------	---------



Liebe Leserinnen und Leser,

wir erleben es gerade: Die Sommer werden heißer, in Deutschland und in ganz Europa. Wir spüren den Klimawandel konkret und hautnah. Im Jahr 2045 soll Deutschland daher klimaneutral sein. Dafür brauchen wir innovative Technologien, in denen die Kraft für diese Veränderung steckt. Als Bundesforschungsministerium fördern wir deshalb die Kopernikus-Projekte für die Energiewende oder das Projekt Carbon2Chem.

Wie wir die Energiewende schaffen und klimaneutral leben und arbeiten, ist aber nicht nur eine Frage der Wissenschaft. Die Forschenden liefern die Technologien, doch bei der Umsetzung sind wir alle gefragt. Deshalb sollten Forschungsergebnisse für alle verständlich und zugänglich sein, insbesondere für die nächsten Generationen. Dafür wollen und müssen Wissenschaft und Politik sich mit Bürgerinnen und Bürgern austauschen.

Das Projekt „Wissenschaftskommunikation Energiewende“ geht dabei mit leuchtendem Beispiel voran. In einem einzigartig zusammengesetzten Konsortium aus der Forschung, aus Museen und aus der Wissenschaftskommunikation ist die Wanderausstellung „Power2Change: Mission Energiewende“ entstanden. Sie wendet sich vor allem an ein junges Publikum und zeigt, wie der Weg in eine klimaneutrale Zukunft mit einer sicheren und bezahlbaren Energieversorgung aussehen könnte.

Ein Energiemobil tourt vorher durch die Region jedes Ausstellungsortes. Dort kann man sich über die Energiewende austauschen und mit eigenen Meinungen, Ideen und Wünschen selbst Teil davon werden. Auch im Rahmenprogramm tauschen sich Expertinnen und Experten mit Bürgerinnen und Bürger aus.

Mit Projekten wie „Wissenschaftskommunikation Energiewende“ wollen wir wissenschaftliche Inhalte für eine breite Öffentlichkeit zugänglich und verständlich machen. So sensibilisieren wir für die großen Herausforderungen unserer Zukunft. Ich wünsche Ihnen eine informative Lektüre!

Bettina Stark-Watzinger

Mitglied des Deutschen Bundestages

Bundesministerin für Bildung und Forschung



Liebe Leserinnen und Leser,

gegen den menschengemachten Klimawandel müssen und können wir etwas tun. Dazu ist eine neue Einstellung zu Energie und Konsum erforderlich – und neue effizientere Technologien auf Basis neuer Rohstoffe und nachhaltiger Energie.

In der aktuellen Zeit, in der durch einen sinnlosen Krieg in Europa zusätzlich zur Klimakrise auch eine Rohstoff- und Energiekrise ausgelöst wird, sind neue Denkansätze und Lösungsvorschläge dringlicher denn je. Diese Krisen können gemeinsam durch Gesellschaft, Wissenschaft, Politik und Wirtschaft bewältigt werden.

Grundlegende wissenschaftliche Erkenntnisse und anwendungsorientierte Forschung sind die Basis für eine nachhaltige Entwicklung und für unseren Wohlstand. Es entstehen Technologien, die viele Herausforderungen unserer Gesellschaften angehen und Lösungsvorschläge anbieten. Technologien aber benötigen auch geeignete Rahmenbedingungen und eine Gesellschaft, die konstruktiv bei der Entwicklung, der Umsetzung und der Nutzung dieser neuen Technologien unterstützt. Neue Technologien können aber auch Nebenwirkungen und Folgen haben, die unbeabsichtigt sind. Das Abwägen von Chancen und Risiken ist hierbei ein Prozess, den die Gesellschaft und damit jede*r Einzelne für sich erfahren und erleben muss. Grundlage ist die Motivation, sich diesen Herausforderungen zu stellen und Beiträge zu leisten – und andererseits das Wissen über Umwelt und Technologien.

In der Ausstellung „Power2Change: Mission Energiewende“ haben Wissenschaftler*innen und Ausstellungsmacher*innen zusammengearbeitet, um Wissen über Technologien für die Energiewende erfahrbar zu gestalten und die Besucher*innen zur Mitwirkung zu motivieren. Dabei ist klar: Nicht alles, was wichtig ist, ist leicht zu erklären – nicht alles, was einfach scheint, ist bedeutsam. In dem gemeinsamen Ausstellungsprojekt ist es gelungen, komplizierte Zusammenhänge zu erklären und neugierig auf mehr zu machen. Besonders angesprochen ist dabei die junge Generation, denn sie wird die Handlungsoptionen für sich wählen und mit den Konsequenzen leben müssen.

Mit der einzigartigen Wanderausstellung „Power2Change: Mission Energiewende“ und dem vielfältigen Rahmenprogramm öffnet sich die Wissenschaft der Gesellschaft und wirbt um Mitwirkung zur Lösung der drängenden Fragen unserer Zeit.

Prof. Gorge Deerberg
Direktor Transfer, Fraunhofer UMSICHT
Koordinator Carbon2Chem-Verbundprojekte

Prof. Kurt Wagemann
ehem. Geschäftsführer DECHEMA e.V.
Koordinator der Kopernikus-Projekte



Liebe Leserinnen und Leser,

die Energiewende ist der Schlüssel für eine klimaneutrale Zukunft. Dass das Thema Energieversorgung zudem eine enorme gesellschaftliche Relevanz hat und das Leben jedes einzelnen Menschen gravierend beeinflusst, haben wir alle in den letzten Monaten erfahren müssen. Die Entwicklung der Ausstellung „Power2Change: Mission Energiewende“ fiel in eine Zeit, in der eine gesicherte Energieversorgung plötzlich infrage gestellt wurde und auch die gewohnten Lieferwege einer global aufgestellten Wirtschaft nicht mehr im gewohnten Maße funktionierten. Unter diesen veränderten Vorzeichen wurden die Themen der Ausstellung plötzlich noch dringlicher und führten vor Augen, dass die Herausforderungen der Energiewende näher sind, als wir gemeinhin vermuten. Die Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen ist eben nicht nur wichtig für den Klimaschutz, sondern auch für die Versorgungssicherheit unseres Gemeinwesens.

Ausstellungen sollen und müssen derartigen Diskussionen Raum geben. Als Häuser mit durchaus unterschiedlichen Ansätzen haben wir uns mit Begeisterung der Herausforderung gestellt, ein gemeinsames Projekt zur Energiewende zu realisieren. „Power2Change“ stellt Lösungen und Wege für die Energiewende vor. Medienstationen, Augmented-Reality-Erlebnisse und interaktive Exponate ermöglichen unseren Besucherinnen und Besuchern spannende Einblicke in die Welt der Forschung, deren rasante Fortschritte viel zu wenig wahrgenommen werden.

Die Aufgabe, diese Ausstellung im Rahmen eines Verbundprojekts „Wissenschaftskommunikation Energiewende“ aus der Forschung, dem Ausstellungsbereich und der Wissenschaftskommunikation zu entwickeln, hat zu ungemein dynamischen Diskussions- und Gestaltungsprozessen geführt. Diese Faszination ist in der Ausstellung spürbar und wird zur Meinungsbildung der Öffentlichkeit zu wichtigen Fragen der Energiewende erheblich beitragen.

Dr. Kirsten Baumann
Die Direktorin der
LWL-Museen für Industriekultur

Arne Dunker
Geschäftsführer des
Klimahauses Bremerhaven

ZUM PROJEKT



POWER2CHANGE: MISSION ENERGIEWENDE

Deutschland soll bis zum Jahr 2045 klimaneutral werden. Bis dahin muss die gesamte Energie- und Rohstoffversorgung auf erneuerbare Quellen umgestellt sein. Für Privathaushalte bedeutet das zum Beispiel den Umstieg auf Elektroautos und auf Wärmepumpen. Doch die Herausforderungen für die Industrie sind viel größer. Alle Sektoren und Branchen sind betroffen. Große, vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Forschungsprojekte legen Grundlagen für die Bewältigung der anstehenden Aufgaben.

Das ebenfalls vom BMBF geförderte Verbundprojekt „Wissenschaftskommunikation Energiewende“ untersucht, wie die Herausforderungen der Energiewende kommuniziert werden können. Wünsche, Fragen und Bedürfnisse der Bevölkerung sowie regionale Aspekte sollten in das Projekt einfließen und berücksichtigt werden. Die wissenschaftlichen Inhalte bringen die Kopernikus-Projekte gemeinsam mit DECHEMA e.V., der Verbundprojektcluster Carbon2Chem® gemeinsam mit Fraunhofer UMSICHT, der Fraunhofer-Cluster CINES und viele weitere Partner ein.

Die Ausstellung „Power2Change: Mission Energiewende“ steht im Mittelpunkt dieses Projekts und richtet den Blick auf die Forschung für die Sektoren Industrie, Wirtschaft und Verkehr. Sie wurde vom LWL-Industriemuseum gemeinsam mit dem Klimahaus Bremerhaven entwickelt und geplant. Nach dem Auftakt im LWL-Industriemuseum Henrichshütte Hattingen wird die Ausstellung im Klimahaus Bremerhaven und an fünf weiteren Orten in Deutschland gezeigt.

Den Kern der Ausstellung bilden vier Bereiche. Der Bereich „Vernetzen“ beschäftigt sich mit modernen Energienetzen, „Verteilen“ mit flexibler Nutzung von Energie aus erneuerbaren Energiequellen, „Verwerten“ mit Alternativen zu fossilen Rohstoffen und „Verwandeln“ mit klimaneutralen Mobilitätslösungen. Anhand von Beispielen aus der aktuellen Industrieforschung werden neue Ansätze vorgestellt, die helfen können, die Energiewende zu meistern. Menschen hinter den Ergebnissen, die Wissenschaftler*innen, werden in jedem Themenbereich vorgestellt und berichten von ihrer Motivation, ihrer Arbeit, von Erfolgen und Problemen. Es ist der Blick hinter die Kulissen des hoch innovativen Forschungsbetriebs in Deutschland.

Wissenschaftskommunikation steckt nicht nur in der Ausstellung, sondern auch im umfangreichen Rahmenprogramm. Die Organisation Wissenschaft im Dialog (WiD) ist verantwortlich für die Projektkommunikation und begleitende dialogorientierte Veranstaltungen für unterschiedliche Zielgruppen. Mit dem „Energienobil“ geht WiD auf Roadshow, fängt Stimmen zur Energiewende ein und sucht so den Austausch mit den Menschen.

Dies ist auch Teil der Aufgabe einer Arbeitsgruppe im Fachgebiet Empirische Medienforschung und Politische Kommunikation der Technischen Universität Ilmenau. Neben Recherchen und Medienanalysen zur Energiewende, die bereits in die Konzeption der Ausstellung eingeflossen sind, führt die Arbeitsgruppe während der Projektlaufzeit sowohl allgemeine (Online-)Befragungen als auch gezielte Vorher-Nachher-Befragungen durch. Untersucht wird, was ein Ausstellungsbesuch von „Power2Change“ bewirkt und wie sich die Wirkung an den verschiedenen Orten unterscheidet.

Susanne Nawrath / Martin Schmidt



Im Dialog zur Energiewende

Die Energiewende soll von Gesellschaft, Wirtschaft und Politik gemeinsam gestaltet werden. Doch wie kommuniziert man ein komplexes Forschungsthema wie die Energiewende an verschiedene Zielgruppen? Welche Formate eignen sich dafür? Im Verbundprojekt „Wissenschaftskommunikation Energiewende“ entwickelt Wissenschaft im Dialog (WiD) als die Organisation der Wissenschaft für Wissenschaftskommunikation in Deutschland ein dialogorientiertes Veranstaltungsprogramm und digitale Formate rund um die Themen der Ausstellung und schickt das Energiemobil auf Tour. Auch die Koordination der Tour der Wanderausstellung mit sieben Stationen und die Presse- und Öffentlichkeitsarbeit verantwortet WiD.

Mit dem „Power2Change: Energiemobil“ hat WiD einen mobilen und interaktiven Showroom zur Energiewende entwickelt. Als Vorbote der Ausstellung ist das Energiemobil jeweils einen Monat vor Ausstellungseröffnung in der jeweiligen Region unterwegs und lädt Bürger*innen zum Austausch ein. Das Energiemobil hat Exponate zur Energiewende an Bord und ist ein Ort, um sich auszutauschen, sich zu informieren und zu diskutieren. Über eine Videobox, Klebe-Botschaften und Postkarten werden Meinungen, Ideen und Wünsche zur Energiewende vor Ort gesammelt. Eine Auswahl der Stimmen und Nachrichten ist dann in der Ausstellung zu sehen.

Die Ausstellung wird zudem von einem vielfältigen Veranstaltungsprogramm begleitet. Vom Schulworkshop über Technologiecafés, Science Slams bis hin zur Unterhausdebatte: An allen Standorten der Ausstellung beleuchten Veranstaltungen mit verschiedenen Themenschwerpunkten die Energiewende. WiD unterstützt den direkten Austausch zwischen Wissenschaftler*innen und Bürger*innen und eröffnet Raum für Fragen, Austausch und Diskussionen. Damit wird das Verständnis von Prozessen und Erkenntnissen der Forschung gefördert und auch für die gesellschaftliche Bedeutung der Energiewende sensibilisiert.

Fragen der Qualität sowie der Evaluation und Wirkungorientierung von Wissenschaftskommunikation sind ebenso Teil des Projekts. Aufgabe von WiD ist dabei die Evaluierung von Veranstaltungen und das Energiemobil.

Beate Langholf / Ariane Trautvetter

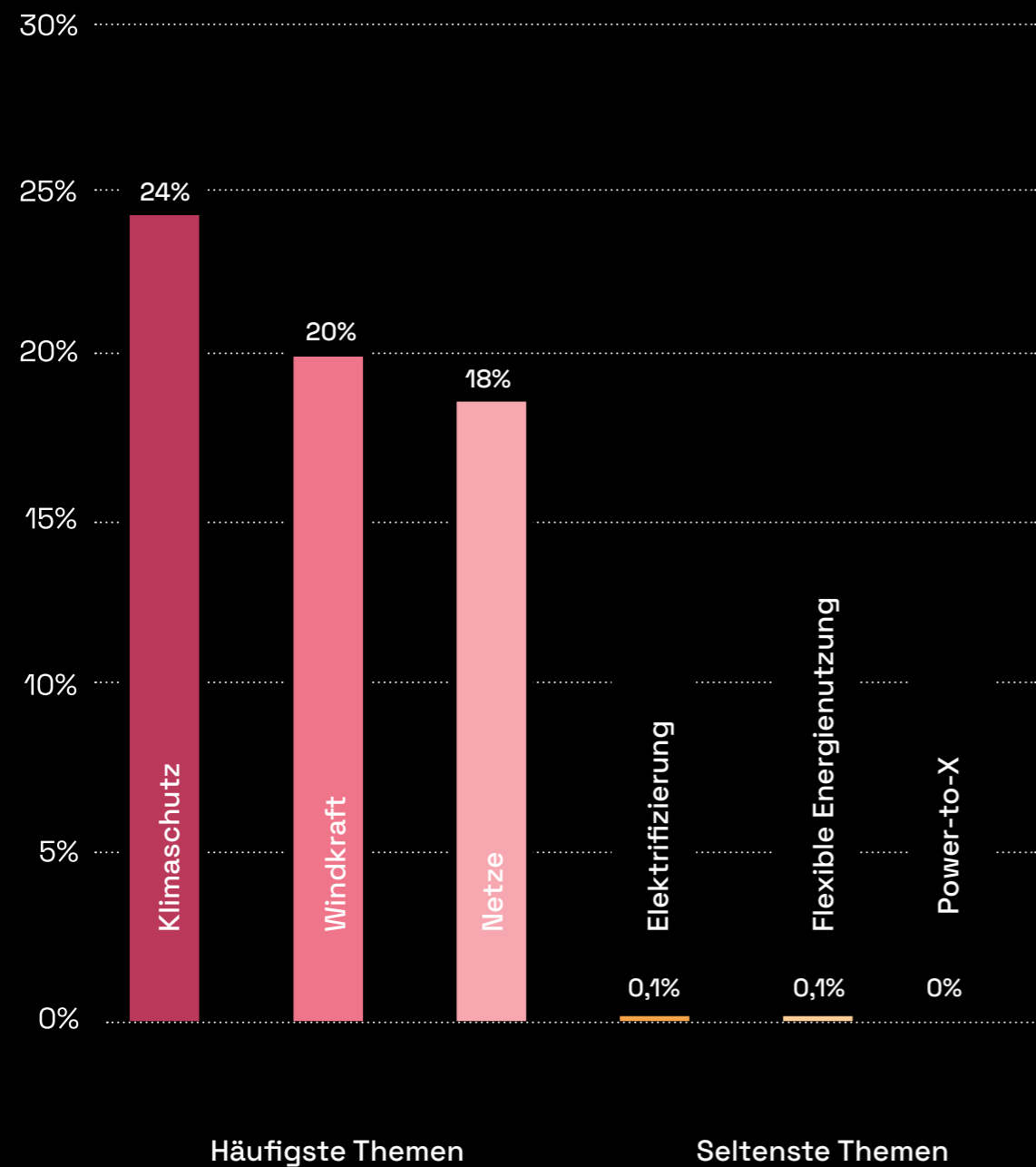


Zur Web-Seite „Power2Change“



Energiethemen in den Medien

Datengrundlage: 1059 Artikel zur Energiewende von Januar bis April 2022; Anteil an diesen Artikeln, die mindestens 3 Schlüsselbegriffe zu einem Thema enthalten.



Power2Change - TU Ilmenau/EMPK - Inhaltsanalyse

Zwischen Wissenschaft und Politik

KOMMUNIKATIONS- WISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNG FÜR „POWER2CHANGE“

Die Energiewende ist ein gesamtgesellschaftliches Großprojekt, das alle Bereiche des Lebens betrifft. Wirtschaft und öffentliche Verwaltungen sind damit genauso konfrontiert wie jede*r Einzelne von uns. Die Energiewende ist zudem ein globales Projekt, das die Beziehungen zwischen den Ländern und die Weltwirtschaft beeinflusst. Mit der Energiewende sind unterschiedliche Interessen verbunden und somit sind Konflikte unvermeidbar. Für die Umsetzung der Energiewende ist aber auch die Zusammenarbeit ganz unterschiedlicher Akteure erforderlich. All dies macht die Energiewende zu einem politischen Projekt und die damit verbundenen öffentlichen Debatten in den Medien zu politischer Kommunikation.

Vor diesem Hintergrund führt das Fachgebiet Empirische Medienforschung und politische Kommunikation (EMPK) der Technischen Universität Ilmenau die kommunikationswissenschaftliche Begleitforschung zum Ausstellungsprojekt durch. Warum ist eine solche Forschung wichtig? Es steht außer Zweifel, dass die Energiewende ohne die Unterstützung der Öffentlichkeit nicht gelingen wird. Deswegen untersuchen wir während des gesamten Projektzeitraums regelmäßig, wie die Medien über die Energiewende berichten, wie die Menschen darüber denken und welche Akteure die Energiewende in den jeweiligen Regionen, in denen die Ausstellungen gezeigt werden, vorantreiben. Darüber hinaus evaluieren wir, wie die Ausstellung bei den Besucher*innen ankommt. Ergebnisse aus der Begleitforschung werden auf der Webseite des Projekts veröffentlicht und stehen dort auch als Download zur Verfügung.



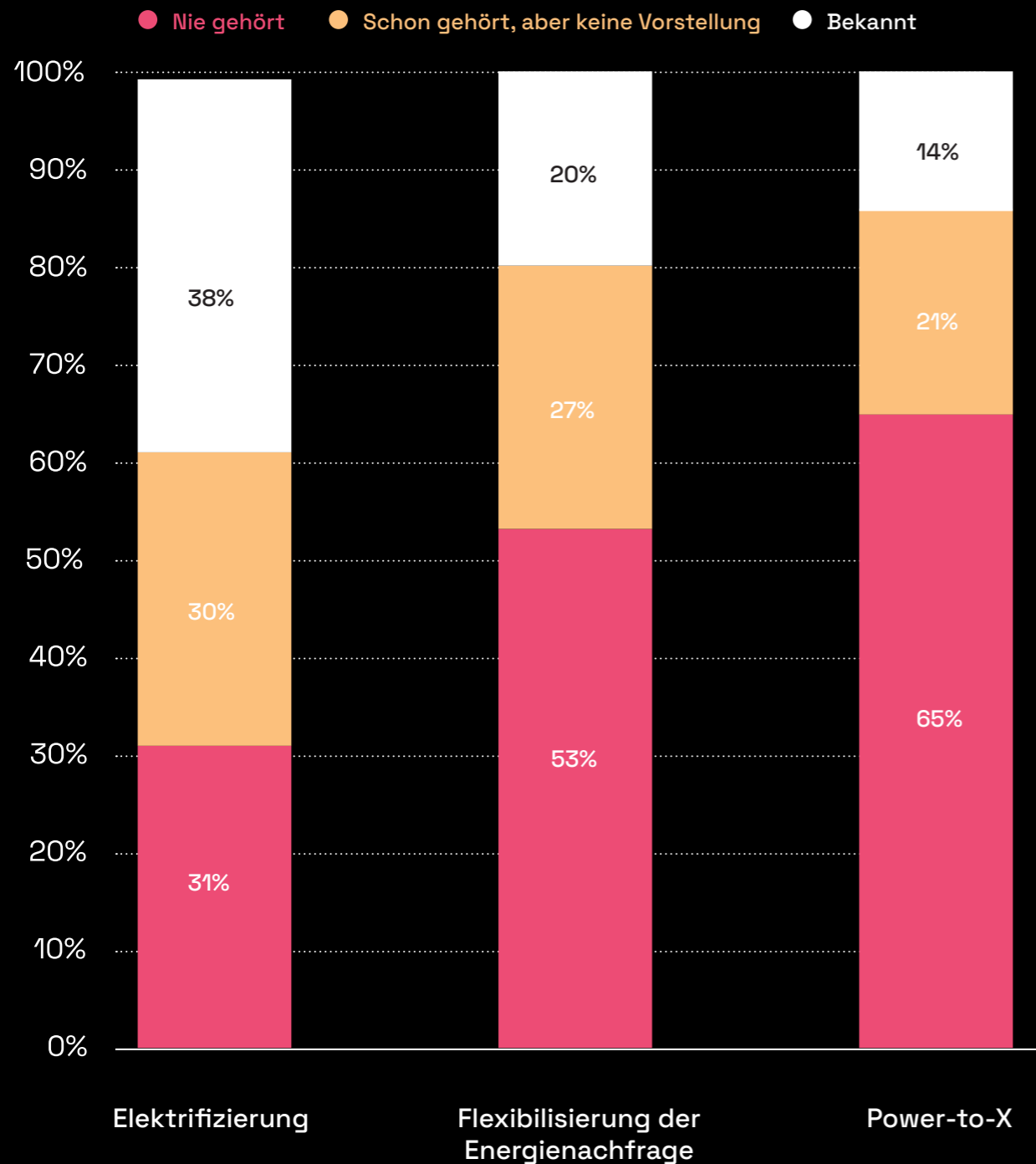
Zur Web-Seite „Power2Change“

Mit unserer Forschung liefern wir Einblicke in den Stand der politischen Debatten über die Energiewende und deren Einfluss auf die Kenntnisse und die Meinungen der Bevölkerung:

Unsere Inhaltanalysen der Medienberichterstattung zeigen z. B., dass im Zusammenhang mit der Energiewende häufig über Klimaschutz und erneuerbare Energien berichtet wird. Auch das Thema Energienetze ist in der Berichterstattung sehr präsent. Über die technische Umsetzung der Energiewende in der Industrie wird jedoch bislang kaum berichtet.

Bekanntheit von Energiethemen in der Bevölkerung

Datengrundlage: 2025 Befragte, die im August 2021 gefragt wurden, ob sie wissen, was verschiedene Begriffe zu Energiethemen bedeuten.



Power2Change - TU Ilmenau/EMPK - Bundesweite Befragung 2021, August

So ist es nicht verwunderlich, dass in nationalen Befragungen der deutschen Bevölkerung die meisten Menschen kaum Kenntnisse über die zukünftigen, mit der Energiewende einhergehenden Veränderungsprozesse haben, wie z. B. die Flexibilisierung der industriellen Energienutzung oder den Einsatz von Power-to-X-Technologien.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Komplexität des Themas bislang in den Medien kaum dargestellt wurde und die meisten Menschen bisher nur wenig über die aktuellen Entwicklungen wissen. Zwar existiert eine grundlegend positive Haltung gegenüber der Energiewende, im Detail gibt es aber auch viele Vorbehalte. Aus diesen Befunden lässt sich ableiten, welche Themen und Fragen in „Power2Change“ aus einer wissenschaftlichen Perspektive dargestellt und diskutiert werden sollten und müssen.

Denn die Energiewende ist auch ein wissenschaftliches Großprojekt, an dem viele Wissenschaftler*innen aus vielen Disziplinen in enger Zusammenarbeit mit der Wirtschaft forschen. Die Ergebnisse dieser Forschung werden unser Leben verändern. Sie betreffen uns alle. Deswegen ist es wichtig, dass eine öffentliche Debatte über diese Veränderungen entsteht, in der sich Wissenschaft und Öffentlichkeit austauschen können. „Power2Change“ soll ein Ort für diesen Austausch zwischen den Beteiligten sein. Die Ausstellung soll nicht nur informieren, sondern auch involvieren. Ob dies gelingt, wird das EMPK erforschen. Die Besucher*innen können sich auf unterschiedlichen Wegen zur Ausstellung und dessen Rahmenprogramm äußern. Diese Rückmeldungen werten wir aus und nutzen sie für die Weiterentwicklung der Ausstellung. Zudem wird das EMPK die Ausstellungsbesucher*innen regelmäßig befragen, um herauszufinden, ob und wie die Gesellschaft in „Power2Change“ über die Energiewende ins Gespräch gekommen ist.

Die Energiewende findet nicht irgendwo statt, sondern überall und bei allen. Die anstehenden Veränderungen und die damit verbundenen Probleme und Chancen sind jedoch nicht überall gleich. Um dieser Unterschiedlichkeit Rechnung zu tragen, ist „Power2Change“ als Wanderausstellung konzipiert, die auch jeweils die regionalen Besonderheiten aufgreifen wird. Um diese regionalen Besonderheiten in der Ausstellung sichtbar zu machen, erforscht das EMPK in den Regionen, in denen die Ausstellung Station machen wird, jeweils die regionalen Netzwerke der Energiewende. Wir zeigen auf, wie Energieversorger und Industrie in den Regionen an den Veränderungen mitwirken, wie sich die Bürger*innen zum Beispiel in Bürgerenergiegenossenschaften einbringen und wie die kommunalen Klimamanager*innen sich für die Energiewende engagieren.

Jens Wolling

DIE AUSSTELLUNG

ZUR EINFÜHRUNG

Der Klimawandel bedroht unsere Lebensgrundlagen. Gleichzeitig ist unsere Versorgung mit fossilen Rohstoffen gefährdet. Die Zeit läuft uns davon. Wir müssen so schnell wie möglich klimaneutral werden, aber das erfordert riesige Anstrengungen. Dazu brauchen wir die Energiewende, die auch eine Rohstoffwende ist.

Eine erfolgreiche Energiewende erhöht auch die Versorgungssicherheit und vermindert die Abhängigkeit von anderen Ländern. Wir müssen deshalb schnell und gemeinsam daran arbeiten und nicht warten bis wir perfekte Lösungen haben, sondern möglichst schnell alle verfügbaren Lösungen nutzen.



Wissenschaft erforscht Grundlagen und bietet Lösungsmöglichkeiten für komplexe Probleme. Die Industrie setzt nachhaltige Projekte und neue Geschäftsmodelle um. Aber die Politik muss den Weg ebnen. Und jeder möchte mitreden.

Wir alle können durch unser individuelles Verhalten zur Energiewende beitragen. Wie das geht, wissen wir alle: etwa durch weniger Konsum, mehr Fahrrad fahren und vegane, zumindest aber vegetarische Lebensmittel. In der Ausstellung nehmen wir die technologischen Lösungen aus der Wissenschaft für die Industrie in den Blick: Wie können wir zukünftig zuverlässig mit Energie versorgt werden? Wie können wir mit Grünem Strom die industrielle Produktion aufrechterhalten? Wie können wir ohne fossile Rohstoffe weiterhin Waren produzieren? Wie können wir den globalen Waren- und Personenverkehr aufrechterhalten?

Es gibt verschiedene Wege, das 1,5°C-Ziel zu erreichen. Welchen wir einschlagen, entscheiden wir alle mit.

Susanne Nawrath

Die CO₂-Uhr zeigt an, wie viel CO₂ wir weltweit noch ausstoßen dürfen, wenn wir den Temperaturanstieg begrenzen wollen.



Aktuelle CO₂-Uhr beim MCC:

STROM

STROM

Strom aus erneuerbaren Quellen, besonders aus Sonne und Wind, macht die Energiewende möglich. Er liefert die Energie, die die bisherige Energieversorgung aus fossilen Quellen, also Kohle, Öl und Gas und die Kernenergie ersetzt. Dafür muss dieser Strom aber nicht nur den Strom aus fossilen Quellen ersetzen, sondern auch fossile Brennstoffe, die im Verkehr oder in der Industrie genutzt werden. Dies nennt man Sektorenkopplung, weil dadurch die Sektoren Energie, Industrie und Verkehr verknüpft werden. Bis spätestens 2045 müssen wir genügend Strom aus erneuerbaren Quellen produzieren, um fast alle fossilen Brennstoffe ersetzen zu können.

ENTWICKLUNG DER STROMVERSORGUNG

In den letzten 30 Jahren hat sich die Menge des erzeugten Stroms in Deutschland wenig verändert. Die Menge des Stroms aus erneuerbaren Energien hat sich aber deutlich erhöht. Während der Energiewende, also bis spätestens 2045, wird sich der Strombedarf in Deutschland mindestens verdoppeln. Grund dafür ist die zunehmende Digitalisierung und die Sektorenkopplung.

Wie genau sich der Strombedarf in Zukunft entwickeln wird, hängt davon ab, wie sparsam oder energieintensiv die eingesetzten Technologien sein werden. Auch unser Verhalten spielt eine Rolle. Zudem ist entscheidend, wie viel Strom wir in Deutschland selbst produzieren und wie viel Energie wir importieren.

FLÄCHENBEDARF

Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien brauchen mehr Platz als konventionelle Kraftwerke. Trotzdem würde nur ein Bruchteil der Fläche Deutschlands gebraucht, um einen großen Teil des Stromes zu erzeugen, der laut den Modellrechnungen 2045 in Deutschland erzeugt wird. Solaranlagen können zum Beispiel auf Dächern montiert werden und brauchen dann gar keinen zusätzlichen Platz. Windkraftanlagen brauchen nur sehr wenig Standfläche, aber genügend Platz, damit sich die Rotoren nicht gegenseitig stören. Diese Abstandsflächen können problemlos landwirtschaftlich genutzt werden.

DARÜBER MÜSSEN WIR REDEN

Auch wenn sich alle einig sind, dass die erneuerbaren Energien ausgebaut werden müssen, gibt es trotzdem die Notwendigkeit für politische Entscheidungen, z. B. darüber, wo in Deutschland welche Anlagen gebaut werden sollen, wie der Strom transportiert wird und wie stark auf Stromimport gesetzt werden soll.

Susanne Nawrath

VOLATILITÄT

Wind und Sonne liefern nicht gleichmäßig Strom. Die erzeugbare Menge hängt vom Wetter ab. Je mehr Strom aus erneuerbaren Quellen produziert wird, desto stärker schwankt die gesamte Stromproduktion. Diesen Effekt bezeichnet man als Volatilität.

Heute sorgen konventionelle Kraftwerke für eine gleichmäßige Grundlast und für den Ausgleich von Schwankungen des Bedarfs. In Zukunft müssen wir andere Wege finden, diese Schwankungen auszugleichen, da immer genau so viel Strom produziert werden muss, wie gleichzeitig benötigt wird. Der Strom muss also entweder gespeichert werden, z. B. durch die Erzeugung von Wasserstoff, oder die Stromnutzung muss der Stromerzeugung angepasst werden. Welche Methoden dafür erforscht werden, ist im Kapitel „Verteilen“ beschrieben.



WASSERSTOFF

WASSERSTOFF

Wasserstoff ist das leichteste Element und das häufigste im Universum. In seiner ungebundenen Form, als farbloses geruchloses Gas, kommt es auf der Erde fast überhaupt nicht vor. Das liegt daran, dass er leicht reagiert, zum Beispiel mit Sauerstoff zu Wasser. Außerdem werden einzelne Moleküle so wenig von der Erdgravitation gehalten, dass sie aus der Atmosphäre in den Weltraum entweichen können.



WASSERSTOFFERZEUGUNG

Wasserstoff wird heute besonders in der chemischen Industrie benötigt und auf verschiedene Arten erzeugt. Die Methoden zur Erzeugung von Wasserstoff brauchen unterschiedlich viel Energie. Bei einigen entsteht Kohlendioxid (CO₂), das in die Atmosphäre gelangt und zum Klimawandel beiträgt.

In der politischen Diskussion über die verschiedenen Methoden zur Wasserstoffherzeugung werden dem Wasserstoff Farben zugeordnet.

Die wichtigsten sind:

- Grüner Wasserstoff wird mit Strom aus erneuerbaren Quellen durch Elektrolyse von Wasser erzeugt.
- Grauer Wasserstoff wird aus fossilen Rohstoffen, meist Erdgas, gewonnen. Der im Erdgas enthaltene Kohlenstoff bildet dabei CO₂, das in die Atmosphäre entweicht.
- Blauer Wasserstoff wird wie Grauer Wasserstoff hergestellt. Das entstehende CO₂ wird jedoch aufgefangen und gespeichert.
- Türkiser Wasserstoff entsteht bei der Methanpyrolyse, d. h. Erdgas wird unter großer Hitze in Wasserstoff und Kohlenstoff getrennt. Der Kohlenstoff kann dann eingelagert werden.

Da bei der Förderung und beim Transport von Erdgas das Treibhausgas Methan in die Atmosphäre gelangen kann, ist nur Grüner Wasserstoff wirklich klimaneutral.

WASSERSTOFF ALS ENERGIESPEICHER

Wenn viel Wind weht und die Sonne scheint, sodass mehr Strom aus erneuerbaren Quellen vorhanden ist als aktuell gebraucht wird, kann mit diesem Strom Grüner Wasserstoff produziert und gespeichert werden. Er lässt sich über weite Entfernungen transportieren, sowohl als Gas in Pipelines als auch verflüssigt in Druckbehältern oder gebunden an Trägersubstanzen, und kann später zur Stromerzeugung dienen.

ELEKTROLYSE

Im industriellen Maßstab wird Wasserstoff mit Elektrolyse-Zellen hergestellt. Sie bestehen aus jeweils zwei flachen Elektroden, die durch eine Membran getrennt sind. Wasser wird mit je nach Verfahren verschieden hoher Temperatur über eine der beiden, die Kathode, geleitet. Dort wird das Wasser gespalten und der Wasserstoff vom Sauerstoff getrennt. Viele solcher flachen Zellen zusammen können auf kleinem Raum viel Wasserstoff erzeugen.

DARÜBER MÜSSEN WIR REDEN

Da die Produktion von Wasserstoff viel Strom verbraucht, wird diskutiert, in welchen Bereichen es sinnvoller ist, den Strom direkt zu nutzen, statt daraus Wasserstoff herzustellen. Auch über den Umfang von in Zukunft notwendigen Wasserstoff-Importen aus Ländern, in denen wegen überwiegend günstiger Wetterbedingungen die Erzeugung von Grünem Wasserstoff billiger ist, gibt es verschiedene Meinungen.

Wie die Bundesregierung den Ausbau der Wasserstoff-Infrastruktur mit den Leitprojekten H₂GIGA, H₂MARE und TRANSHYDE fördert, erfährst du unter:





WIE KÖNNEN WIR ZUKÜNFTIG ZUVERLÄSSIG MIT ENERGIE VERSORGT WERDEN?

Der Aufbau der Netzinfrastruktur in Deutschland ist hauptsächlich auf fossile Rohstoffe und auf Kernenergie ausgerichtet. Wie können diese Netze zur erfolgreichen Energiewende beitragen? Welche Energieträger spielen eine wichtige Rolle dabei und welche Infrastruktur ist dafür notwendig? Eines steht schon heute fest: Neben Grünem Wasserstoff und thermischer Energie steht vor allem Grüner Strom im Fokus der Forschungen.

Um die Ziele des Pariser Klima-Abkommens zu erreichen, will Deutschland die CO₂-Emissionen seiner Stromversorgung bis 2030 um 80% reduzieren und bis 2045 weitestgehend auf erneuerbare Energien umstellen. Dazu muss die Energiewirtschaft in Deutschland auf fossile Stromquellen verzichten, gleichzeitig aber mehr Anlagen für erneuerbare Energie bauen. Die schwankende Einspeisung von Wind- und Photovoltaikanlagen, die neue räumliche Verteilung der Stromerzeugung sowie der steigende Energiebedarf stellen die Stromnetze vor Herausforderungen, die einen schnellen Ausbau und eine Anpassung der vorhandenen Infrastruktur erfordern.

Ein Blick auf das heutige Energienetz zeigt die nahe an Großindustriestandorten liegenden Atom-, Kohle- und Erdgaskraftwerke. Auch die räumliche Differenz zwischen den bestehenden Industriestandorten und z. B. den Offshore-Windkraftanlagen ist zu erkennen. Die in diesem Themenbereich illustrierten Lösungsvorschläge zeigen sich gleichzeitig als Chancen und Herausforderungen: der Bau von Stromautobahnen, der Transport vom Wasserstoff durch Umwidmung von bestehenden Gasleitungen oder durch den Bau von neuen Netzen.



Im Laborbereich des Themenbereichs Vernetzen kann der Weg von der Stromerzeugung aus regenerativer Energie bis zum Stromverbrauch verfolgt werden. Dabei steht die stabile Stromversorgung durch Netzaus- und -umbau im Mittelpunkt, denn die heutige Infrastruktur ist für die Herausforderungen der Zukunft nicht ausgelegt. Der Transport von Energie muss intelligent, effizient, leistungsstärker und feinmaschiger gestaltet werden, um eine stabile Energieversorgung mit immer höherem Anteil an regenerativen Energien zu ermöglichen. Erklärt wird u.a. wie mit einer Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungs-Anlage (HGÜ-Anlage) Strom durch Ausbau von Stromautobahnen mit weniger Verlust transportiert werden kann. Zu dieser Einheit gehört ein StakPak-HVDC-Modul. Anhand von weiteren Objekten und Medienstationen wird argumentiert, wie die Anpassungsmöglichkeiten der bestehenden Netze mit Digitalisierung, Transparenz und Vermaschung modernisiert werden können. Das Kopernikus-Projekt ENSURE liefert mit seinen Forschungsergebnissen beispielhaft Hilfestellungen zur gesellschaftlichen Argumentation.

Stromnetz-Ausbau

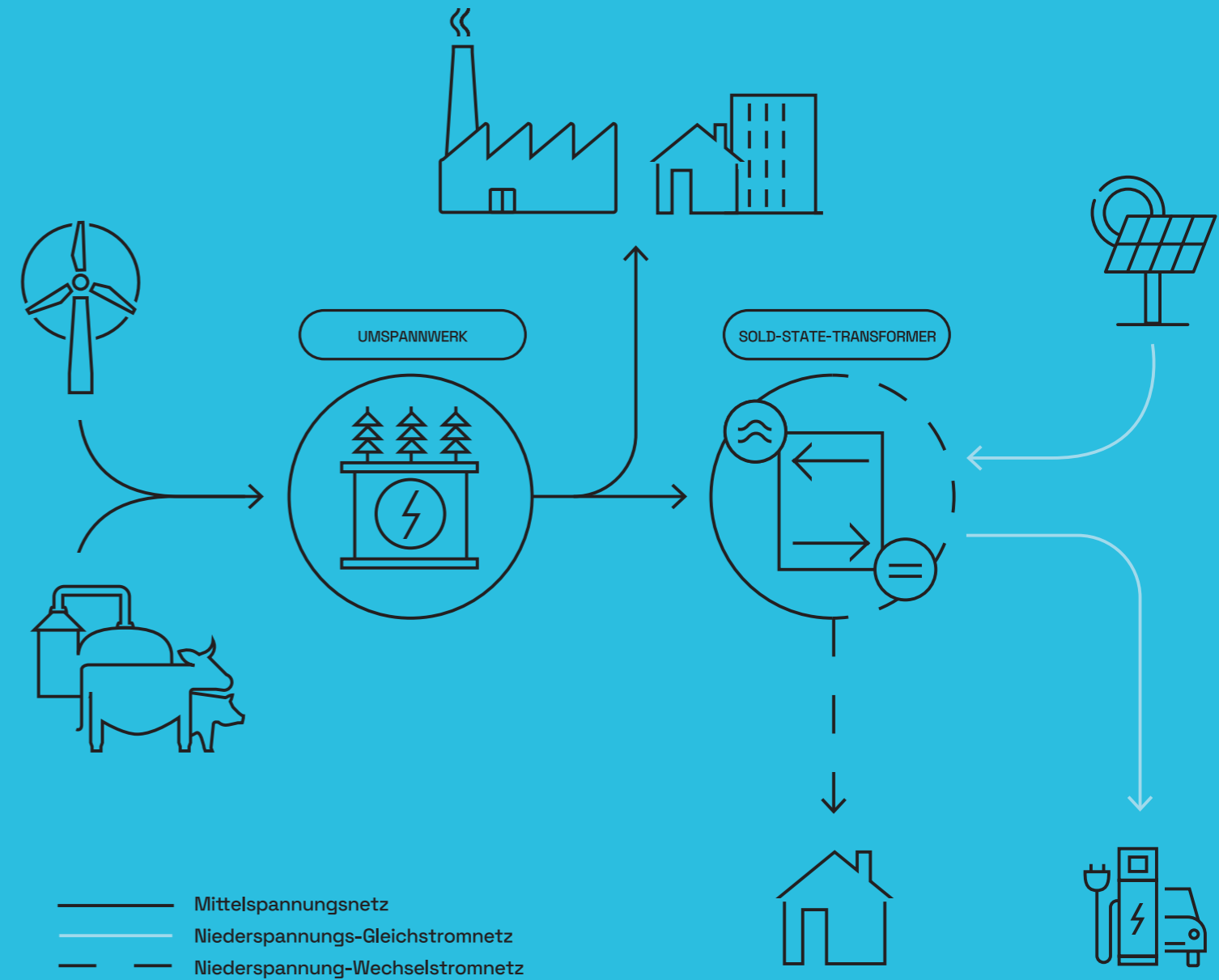


- Aktuell
- 2030 Übertragungsleitung
- 2030 Stromautobahn
- 2045 Übertragungsleitung
- 2045 Stromautobahn

NOTWENDIGER STROMNETZAUSBAU 2030 UND 2045

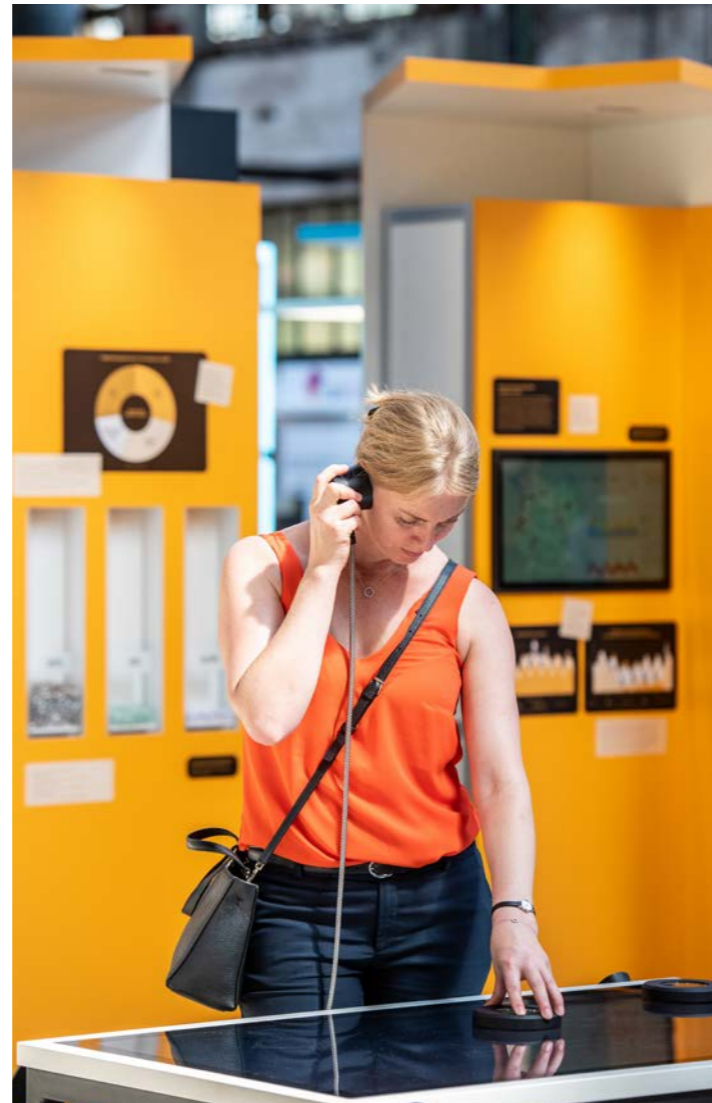
Quelle: Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE

System mit Stromumrichter



- Mittelspannungsnetz
- Niederspannungs-Gleichstromnetz
- Niederspannung-Wechselstromnetz

Quelle: Kopernikus-Projekt ENSURE



WIE KÖNNEN WIR MIT GRÜNEM STROM DIE INDUSTRIELLE PRODUKTION AUFRECHTERHALTEN?

Mit etwa 40 Prozent des Gesamtverbrauchs ist die Industrie der größte Stromverbraucher in Deutschland. Um den Strombedarf zu decken, wird aktuell die Stromproduktion rund um die Uhr an die Nachfrage angepasst.

Um die Energiewende zu schaffen, muss die Stromproduktion sich verändern. Das Ziel ist klar: Strom aus fossilen Quellen ist ein Auslaufmodell. Da die Sonne jedoch nicht immer scheint und der Wind nicht immer weht, ist die Erzeugung von Grünem Strom nicht immer gleichbleibend und vorhersagbar. Schwankungen in der Stromversorgung können zur Instabilität in der Versorgung, zu Schwankungen des Strompreises, zu Ausfällen in der Produktion und dadurch zu erhöhten Produktionskosten führen.

Die Flexibilisierung der Produktion, also eine der Stromverfügbarkeit angepasste Fabrikation, ist eine Lösung des Problems. Am Beispiel besonders energieintensiver Industriesektoren wird dargestellt, an welcher Stelle im Produktionsprozess Flexibilisierungspotenziale identifiziert und genutzt werden können. Denn gerade die Industrie kann durch eine innovativ-gesteuerte Stromnutzung einen erheblichen Beitrag zur Energiewende leisten.

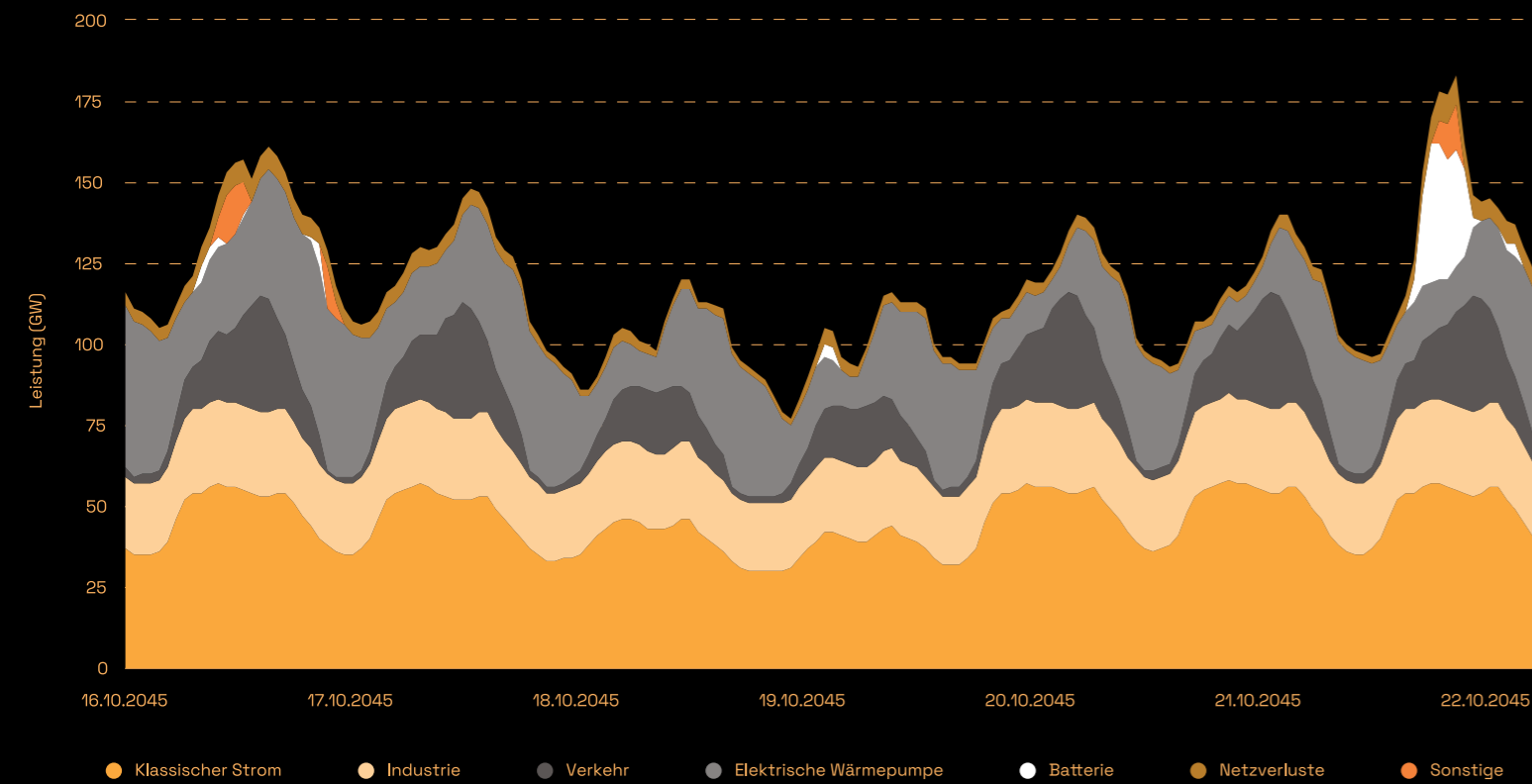
Der Themenbereich „Verteilen“ verfolgt zwei Argumentationslinien. Exemplarisch wird dargestellt, dass bei der Spezialpapiererzeugung bereits heute Möglichkeiten zur Energieflexibilität existieren, indem die Reihenfolge der Produktionsschritte verändert wird.



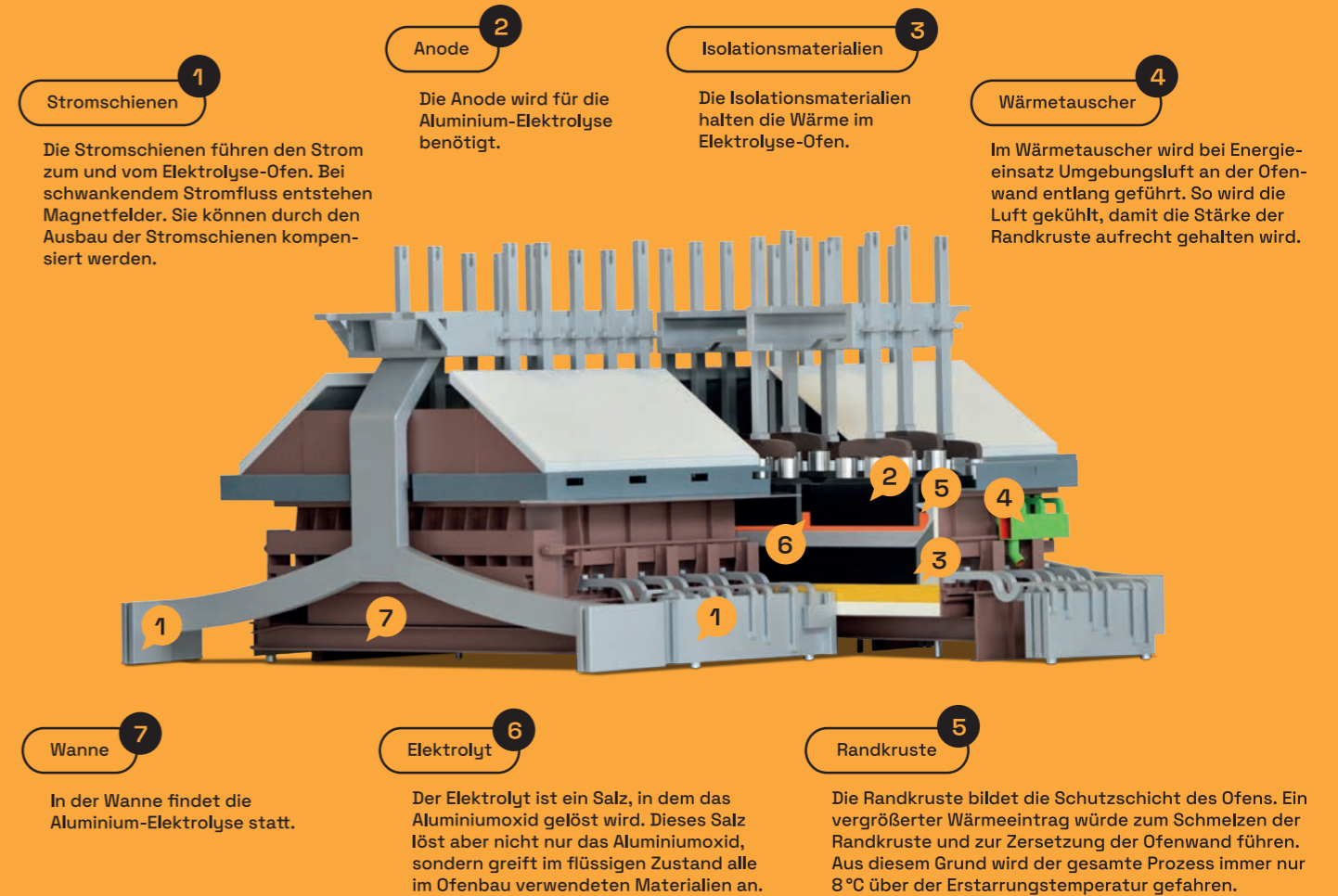
Dass die Flexibilisierung auch mit anderen Mitteln erreicht werden kann, zeigen weitere allgemein anwendbare Beispiele: So wird mit einem Experiment erläutert, welche Auswirkungen der Einsatz von energieeffizienten Maschinen auf den Gesamtstromverbrauch hat. Ein weiteres Beispiel ist die thermische Vernetzung von Kühlung und Heizung. Wie bereits bestehende Produktionsanlagen energieflexibel nachgerüstet werden können wird mit einer Luftzerlegungsanlage, sowie einer virtuellen Batterie gezeigt. Klar ist nämlich: Neben Flexibilisierung spielt die Speicherung von Energie, auch in Form von Produkten, eine wichtige Rolle für die Energiewende.

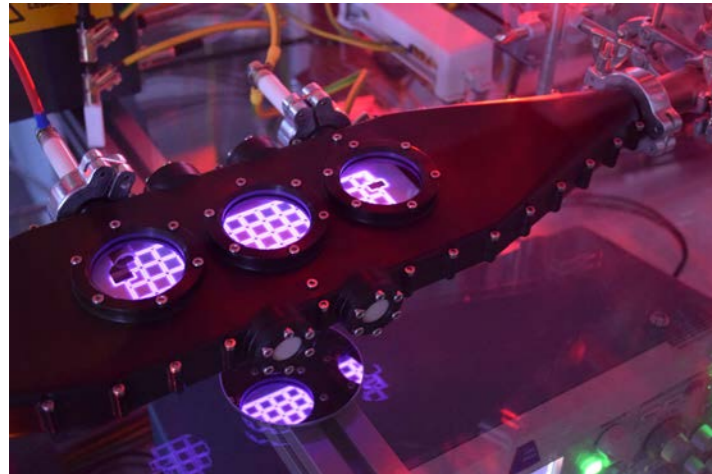
Nicht zuletzt können die Besucher*innen sich über die Erfahrungen in der „Energieflexiblen Modellregion Augsburg“ informieren, in der bereits heute der Fokus auf die Analyse von effizienten Lastmanagement-Potentialen gerichtet wird. Beispiele aus dem Kopernikus-Projekt Synergie sowie aktuelle Ergebnisse der Forschungen des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) und des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung (ISI) geben darüber hinaus einen Überblick über aktuelle Forschungsschwerpunkte.

Die Bedeutung der Engergiewende aus der Sicht des zukünftigen Stromverbrauchs



Aufbau einer virtuellen Batterie





SDBD (Surface Dielectric Barrier Discharge) Reaktor. Bei Carbon2Chem® wird der Einsatz des SDBD-Reaktors zur Entfernung von Sauerstoffspuren aus Koksofengas untersucht.

WIE KANN AUS ABGAS EIN ROHSTOFF WERDEN?

Klimakiller! Klimasünder! Die Industrie steht im Zuge der Energiewende auf dem Prüfstand. Sie setzt enorme Mengen an CO₂ frei und wird nur durch die Emissionen, die bei der Energieerzeugung entstehen, übertroffen. Doch ohne Industrie keine Technik, keine Rohstoffe für die Medizin, kein Stahl fürs nächste Windrad, keine Kunststoffenster für unsere Gebäude. Ein unlösbares Dilemma? Oder lässt sich der Widerspruch von Klimaschutz und Industrie auflösen?

Der Themenbereich „Verwerten“ beleuchtet zunächst den Ansatz der Defossilisierung. Das bedeutet im Produktionsprozess auf Erdöl, Erdgas und Kohle zu verzichten. Werden stattdessen erneuerbare Energien eingesetzt, entsteht kein CO₂ mehr. Doch nicht immer ist die Umstellung des Herstellungsverfahrens der Weg zum Erfolg. Zum einen gibt es prozessbedingte Emissionen, die als Nebenprodukt chemischer Reaktionen entstehen, egal welche Energie genutzt wird. Zum anderen sind Erdöl, Erdgas und Kohle wichtige Rohstoffe der Chemieindustrie, also Grundlage für Medikamente, Düngemittel, Kosmetika etc.

Die Ausstellung präsentiert die „Carbon Capture and Utilization Technologie“ (CCU), die sich dieser doppelten Herausforderung stellt. CCU macht sich zunutze, dass in den unvermeidbaren Emissionen auch jene wertvollen Stoffe vorkommen, die sonst aus fossilen Rohstoffen gewonnen werden. Die Industrieabgase enthalten Kohlenstoff und Wasserstoff, die in der Chemieindustrie gebraucht werden. Das Konzept von CCU: Die Gase werden abgeschieden, aufbereitet und als Rohstoff recycelt.

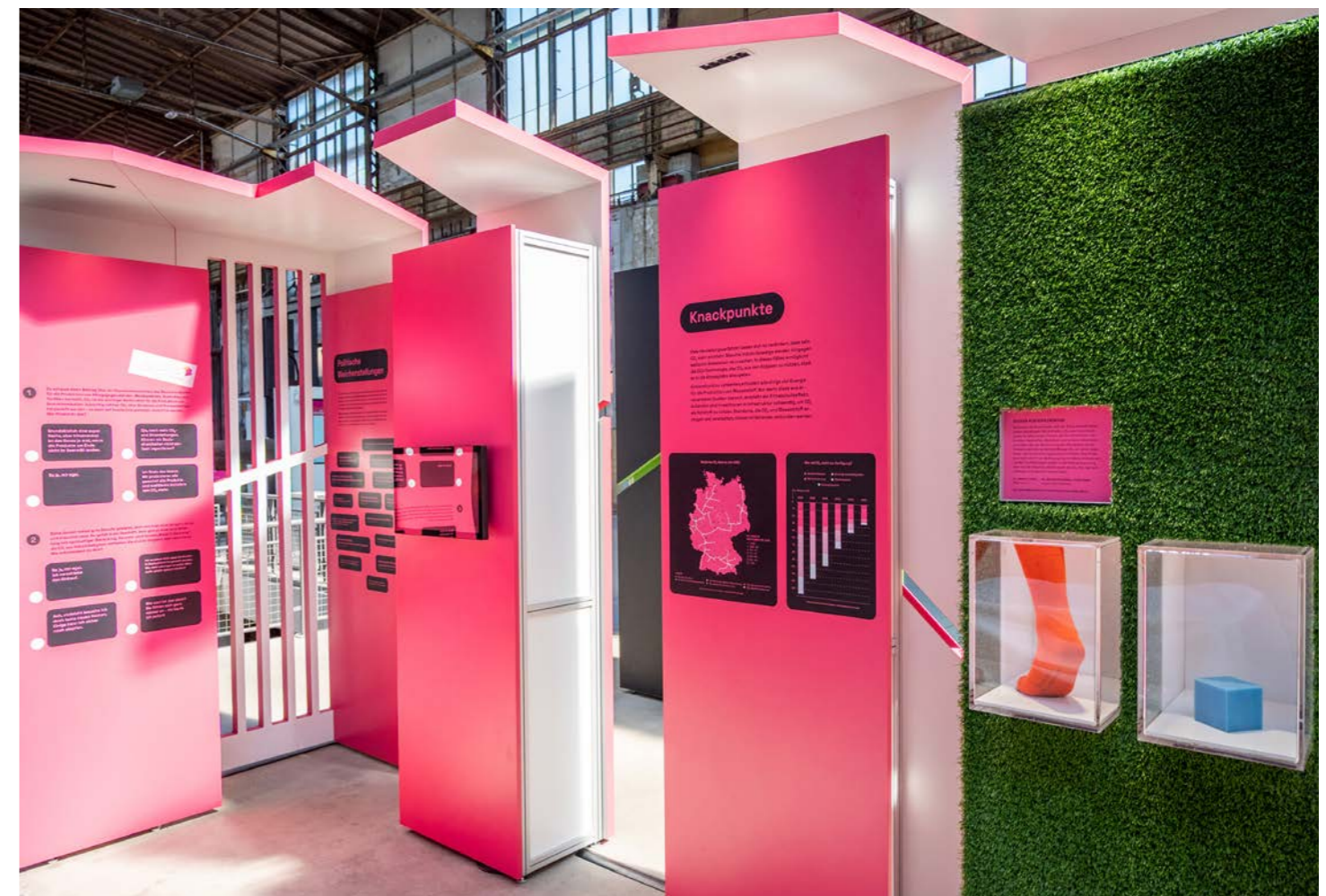


Im Verbundprojekt-Cluster Carbon2Chem® wird z. B. am Recycling von Stahlwerks-Abgasen für die Herstellung von Basischemikalien wie Methanol gearbeitet. Daraus lassen sich viele Produkte der Chemischen Industrie wie Kunststoffe und Kraftstoffe wie z. B. Kerosin für Flugzeuge herstellen. Die Ausstellung zeigt, wie der Weg vom Abgas zur Anwendung erforscht wird. Anhand von Labormaterialien und -geräten werden zentrale Herausforderungen der Wissenschaftler*innen vermittelt. Wie gehen sie damit um, dass Abgase Verunreinigungen enthalten, die bei der Weiterverarbeitung stören können? Wie werden explosive Wasserstoff-Sauerstoff-Gemische vermieden? Und unter welchen Bedingungen setzt sich die gewünschte chemische Reaktion in Gang?

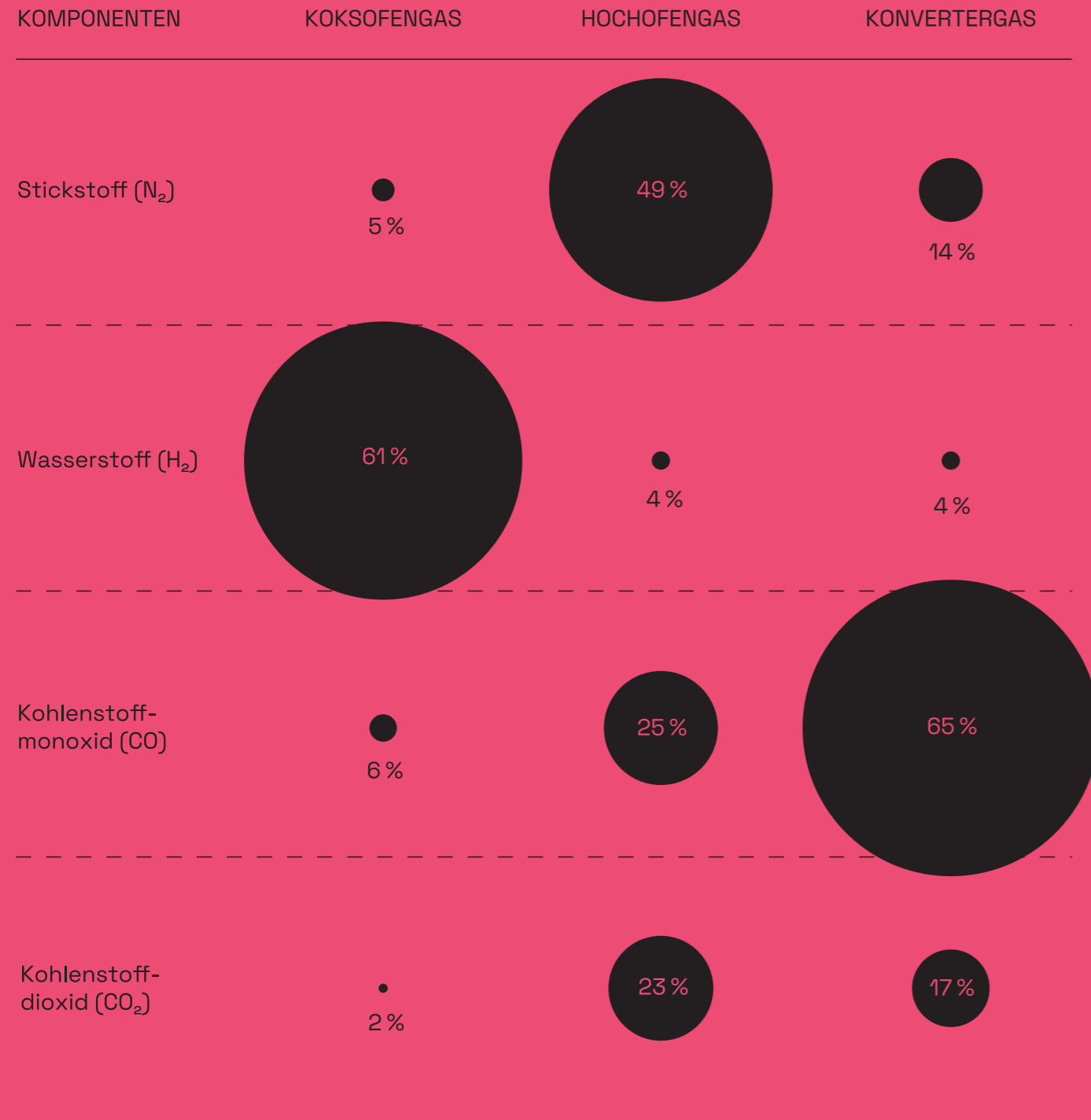
In der Ausstellung werden CO₂-basierte Produkte präsentiert. An der RWTH Aachen University werden Socken hergestellt. Die Polytan GmbH produziert klimaneutralen Kunstrasen.

Nicht zuletzt können Besucher*innen in der Ausstellung spielerisch erkunden, welche Produkte sich aus Kohlendioxid und Wasserstoff herstellen lassen. Wissen Sie schon, was man braucht, um aus Abgas ein Paar Socken oder den Klebstoff für künstlichen Rasen zu machen?

Hannah Fiedler

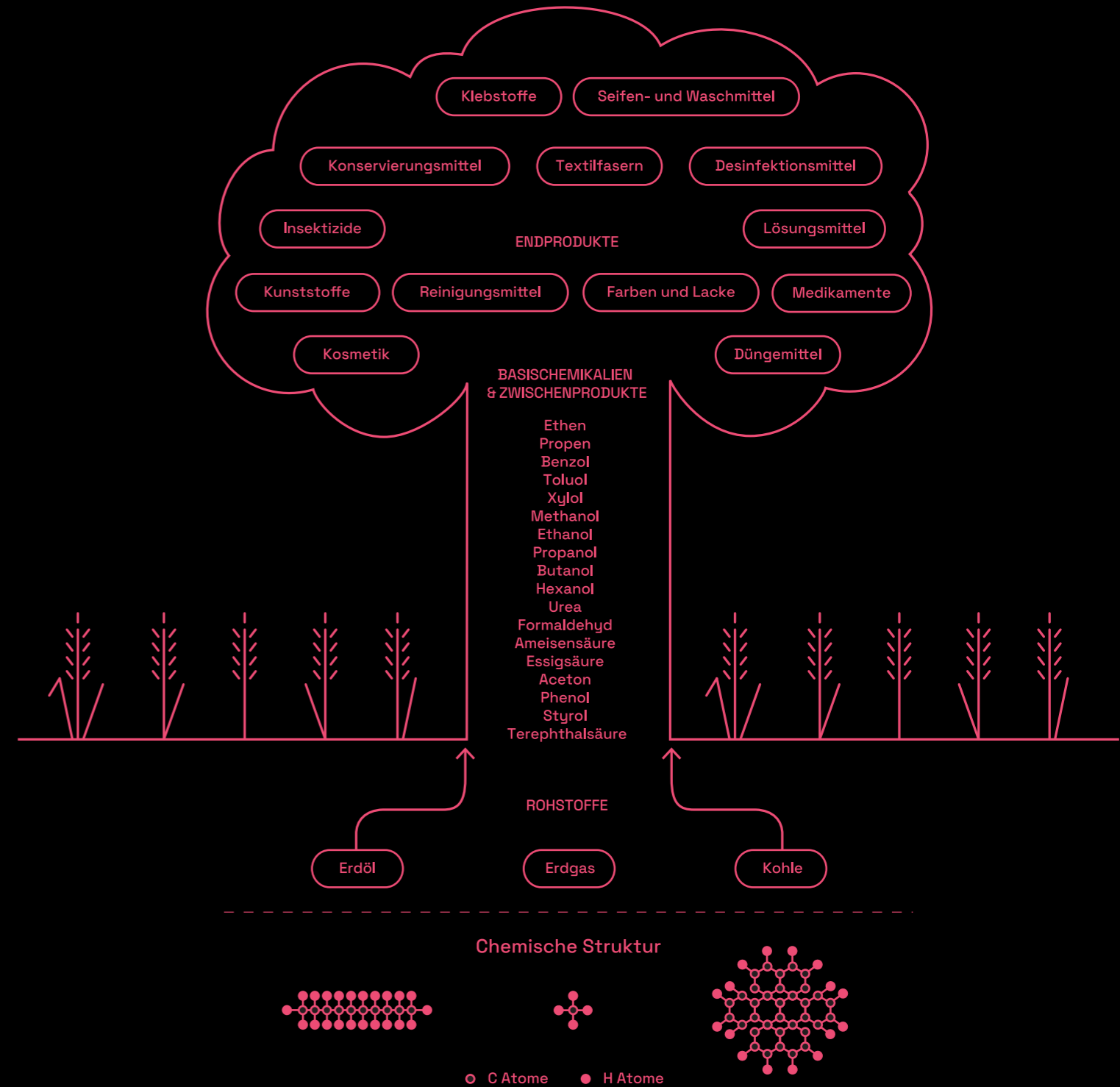


Die Zusammensetzung von Hüttengasen



Daten: Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT

Die stoffliche Verwendung fossiler Rohstoffe





DAC-Anlage „Orca“ auf Island, 2021.



Wasserstoffzug „Mireo Plus H“, in Entwicklung, 2022.



Oberleitungs-LKW, 5 km Teststrecke auf der A1 zwischen Reinfeld und Lübeck, 2021.

WIE KANN AUS STROM, WASSER UND LUFT EIN KRAFTSTOFF WERDEN?

Die Zahl der Autos auf Deutschlands Straßen steigt. Der Gütertransport nimmt zu. Der Verkehr produziert nicht weniger, sondern mehr CO₂. Doch das Ziel sind null Emissionen bis 2045. Wie soll das gehen?

Der Themenbereich „Verwandeln“ beschreibt zunächst den Ansatz der Elektrifizierung. Der Umstieg auf elektrische Antriebe hat das Potenzial, zur Reduzierung der CO₂-Emissionen beizutragen, wenn der Strom aus erneuerbaren Energien stammt. Batterien, Oberleitungen und Wasserstoffantriebe gehören zum technischen Repertoire einer klimafreundlichen Umgestaltung des Verkehrssektors.

Allerdings sind diese Antriebsarten nicht für den Langstrecken- und Schwerlastverkehr, also Flugzeuge oder Schiffe, geeignet. Das liegt daran, dass die Energiedichte für die Speicherung von elektrischer Energie im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen sehr niedrig ist. Elektrische Passagierflugzeuge oder Frachtschiffe sind mit der aktuellen Technik noch nicht realisierbar.



Die in der Ausstellung präsentierte technologische Lösung sind sogenannte E-Fuels, die im Rahmen des Kopernikus-Projekts P2X entwickelt werden. Das „E“ steht für Elektro, denn E-Fuels werden mit elektrischer Energie hergestellt. Diese wird vor allem zur Herstellung von Wasserstoff aus Wasser mittels Elektrolyse eingesetzt. Um fossile Rohstoffe zu ersetzen, wird außerdem eine alternative Kohlenstoffquelle benötigt. Diese haben Wissenschaftler*innen in CO₂-haltigen Gasen gefunden – seien es Abgase der Industrie, der Müllverbrennung oder schlicht und einfach Luft. Das CO₂ kann mittels „Direct-Air-Capture (DAC)“ aus der Umgebungsluft herausgelöst werden. Wer verstehen möchte, wie das funktioniert und aus welchen Schritten der Herstellungsprozess von E-Fuels besteht, wird in der Ausstellung fündig. Immer geht es dabei auch um die Ziele der Forscher*innen bei der Technologie-Entwicklung: Wie werden Prozesse energieeffizienter? Wie lassen sich Bauteile optimieren? Wie gestalten Ingenieur*innen Anlagen so, dass sie schnell und an unterschiedlichen Orten der Welt eingesetzt werden können?

Abschließend wird das Potenzial der Technologie für die Energiewende unter die Lupe genommen. Besucher*innen können sich ein Bild machen, wie die Klimabilanz der E-Fuels ausfällt, aber auch davon, welche Mengen an erneuerbarer Energie notwendig sind, um den Bedarf an flüssigen Kraftstoffen zukünftig ohne fossile Rohstoffe zu decken.

Hannah Fiedler

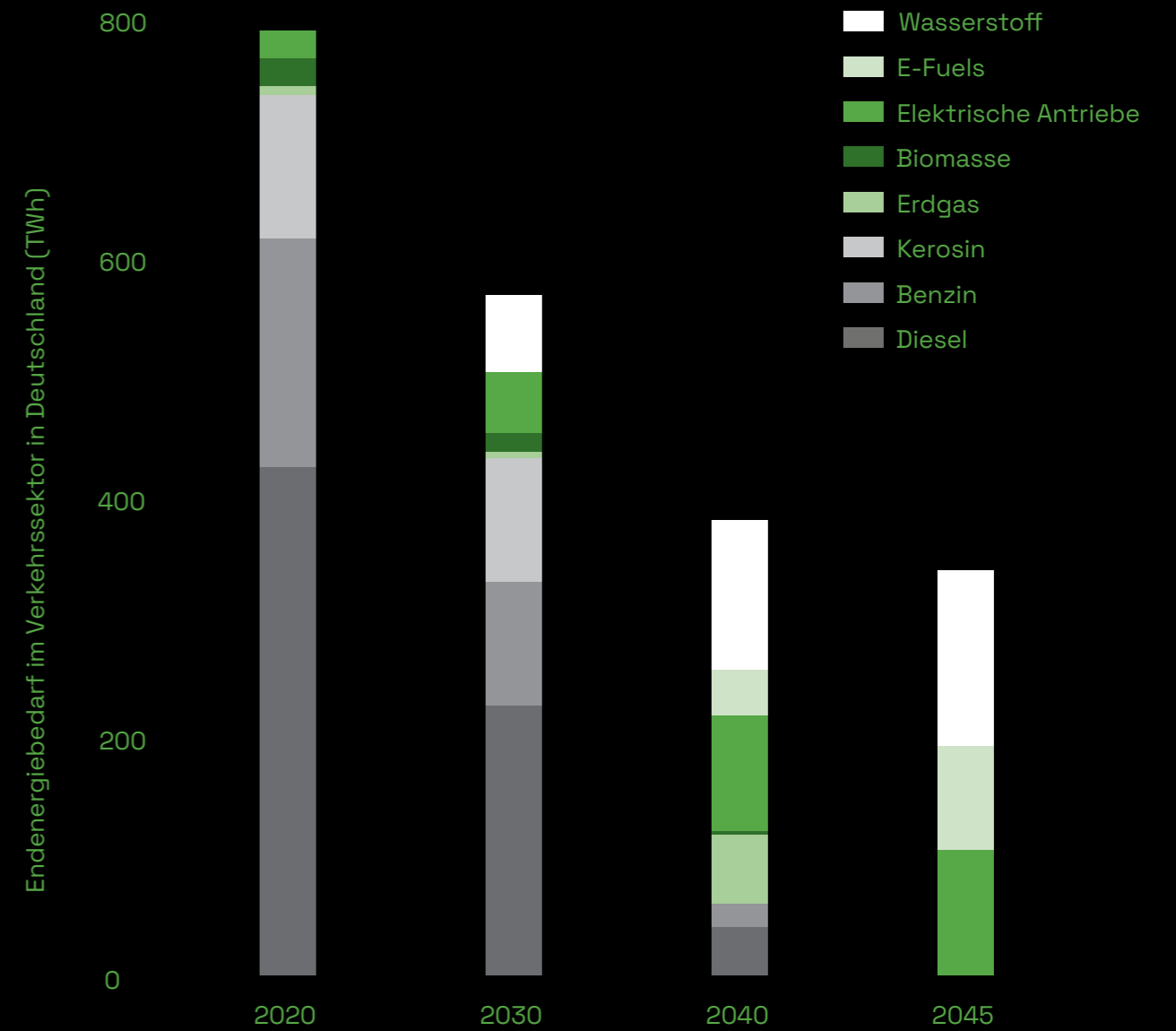


Wie weit komme ich mit 15 kWh Strom?



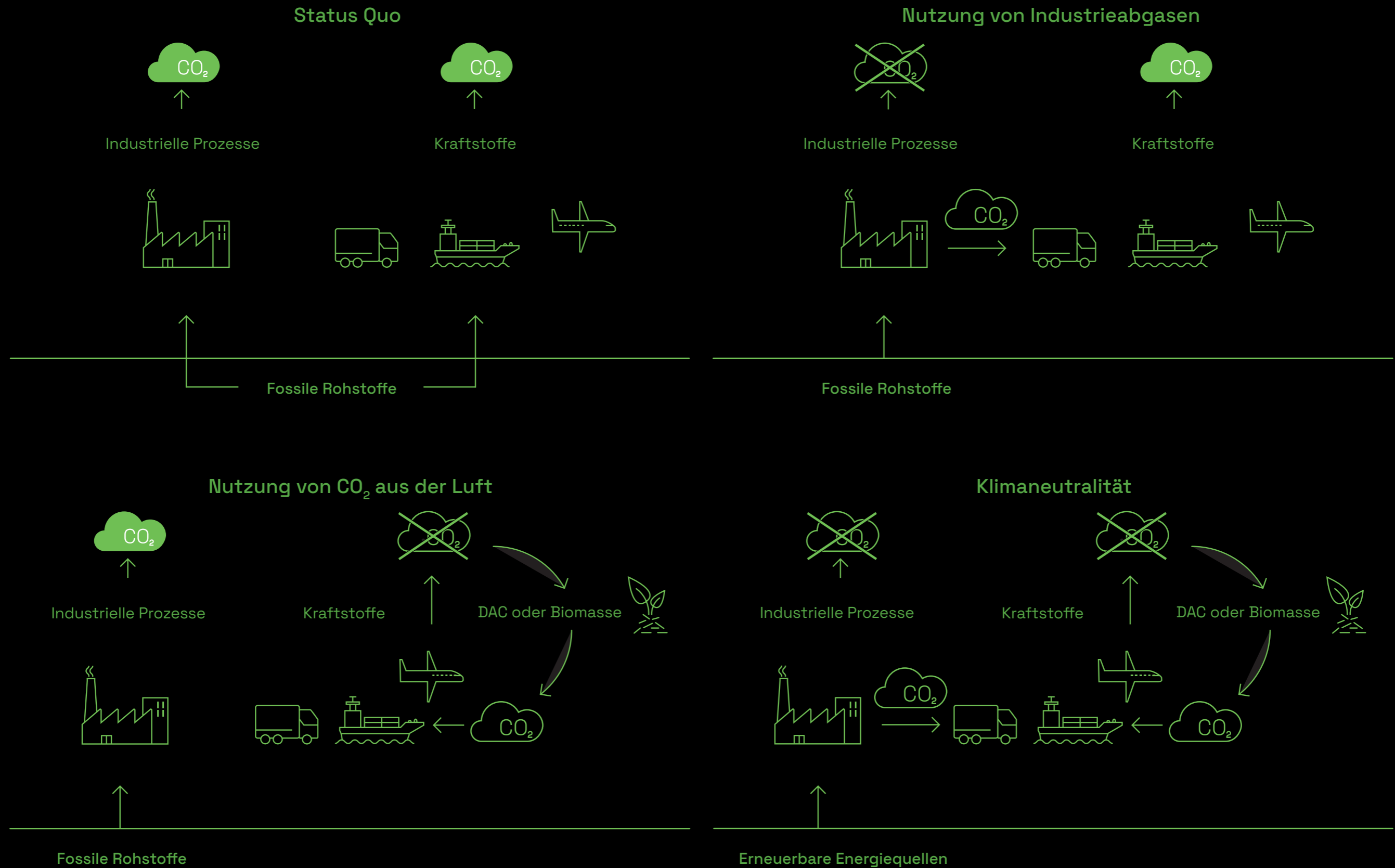
Daten: Forschungsstelle für Energienetze und Energiespeicher FENES

DER WANDEL DER ENERGIETRÄGER IM VERKEHR



Daten: 4. Roadmap des Kopernikus-Projektes P2X

WIE KLIMANEUTRAL SIND E-FUELS?



Daten: 2. Roadmap des Kopernikus-Projektes P2X

WELCHER „ENERGIEWENDE-TYP“ BIST DU?

Der Weg in eine klimaneutrale Zukunft hängt von uns allen ab: Wie wir leben, wie wir entscheiden und wie wir handeln. Das Forschungsprojekt Ariadne hat dafür Alternativen näher betrachtet und die jeweiligen Konsequenzen beleuchtet. Für die Ausstellung sind vier mögliche Wege ausgewählt worden. Über diese können die Besucher*innen am Ende ihres Rundgangs abstimmen:

„JA, ABER VERÄNDERUNG NEIN.“

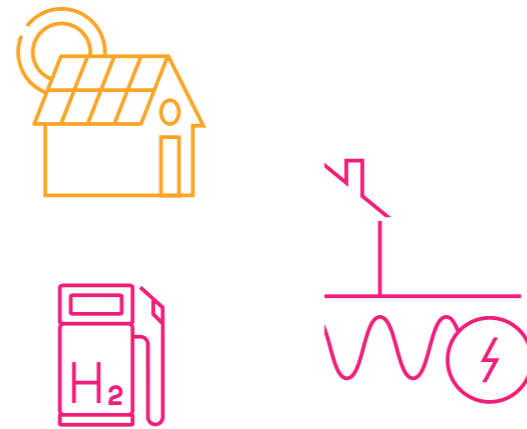
Der erste Weg steht für „Beharrung“. Er wird dadurch bestimmt, dass gewohnte Verhaltensmuster beibehalten werden. Veränderungen in der individuellen Lebensgestaltung werden vermieden, konsumiert wird wie bisher. Dass Transportwege und Produkte klimaneutral werden, wird akzeptiert, so lange man dafür gewohnte Verhaltensweisen nicht ändern muss. Auch an der Infrastruktur soll sich möglichst wenig ändern. Zum Beispiel werden vorhandene Tankstellen mit E-Fuels weiter betrieben. Dies hat zur Folge, dass der Bedarf an synthetischen Kraftstoffen steigt und somit auch der generelle Energiebedarf. Deswegen müssen Windräder und Photovoltaik massiv ausgebaut werden. Dennoch muss noch sehr viel Energie importiert werden. Das schafft Abhängigkeiten von anderen Ländern.



„JA, ABER WOANDERS.“

Der zweite Weg steht für „Inakzeptanz“. Die Energiewende soll möglichst unsichtbar vollzogen werden. Dafür gibt es verschiedene Gründe: Bestehende Windräder können zwar bleiben, es sollen aber an Land keine neuen hinzukommen. Stattdessen werden sehr viele Solaranlagen installiert – auf Dächern, Grünflächen oder zum Beispiel über Straßen. Die Strom- und Energieleitungen sollen unterhalb der Erde verlegt werden.

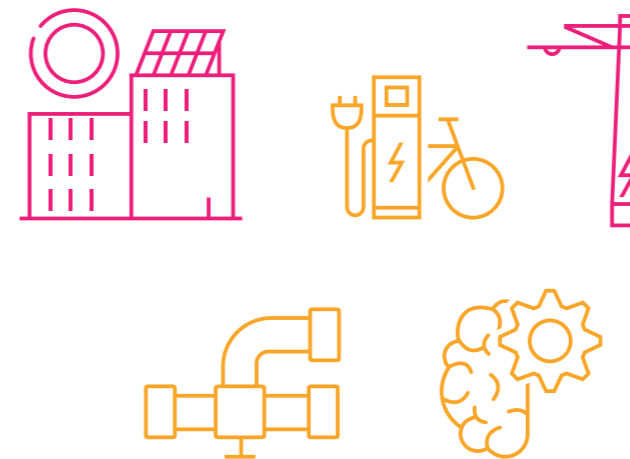
Für Windräder und große Solar-Parks gibt es im Ausland viel mehr Platz. Importe sind akzeptiert. Dies führt zu großen Abhängigkeiten von anderen Ländern.



„JA, WENIGER IST MEHR.“

Der dritte Weg bezeichnet „Suffizienz“, das heißt, in allem weniger, im Bewusstsein der begrenzten natürlichen Ressourcen. Die Menschen überdenken grundsätzlich das eigene Handeln und die gesellschaftlichen Gewohnheiten. Sie verbrauchen weniger Energie und weniger Produkte und damit auch weniger Ressourcen. Sie kaufen regional ein, fliegen seltener und heizen effizienter. Künstliche Intelligenz hält in vielen Haushalten Einzug, um Energie zu sparen.

Dies hat zur Folge, dass weniger Energie benötigt wird. Erneuerbare Energien werden überall sichtbar sein. Die Infrastruktur wird sich stark wandeln, denn die Fortbewegung wird elektrisch sein.

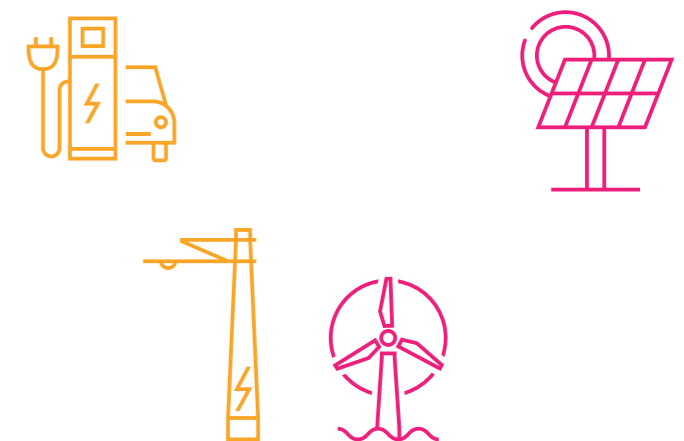


„NA JA, MIR EGAL.“

Der vierte Weg ist der Weg der „Gleichgültigkeit“ gegenüber den Entscheidungen zur Energiewende. Wer sich für diesen Weg entscheidet, schwimmt einfach mit dem Strom und lebt mit allen Konsequenzen aus den Entscheidungen anderer.

Laut Gesetz will Deutschland bis 2045 klimaneutral werden. Und am Ende müssen alle Menschen den Weg zur Klimaneutralität gemeinsam gehen. Die Energiewende ist jetzt. Unsere Zukunft ist jetzt. Welchen Weg wir wählen, hängt von unseren Entscheidungen ab – den großen und den kleinen. Welche triffst du?

Lena Kittel / Janina Roder / Henrike Welpinghus



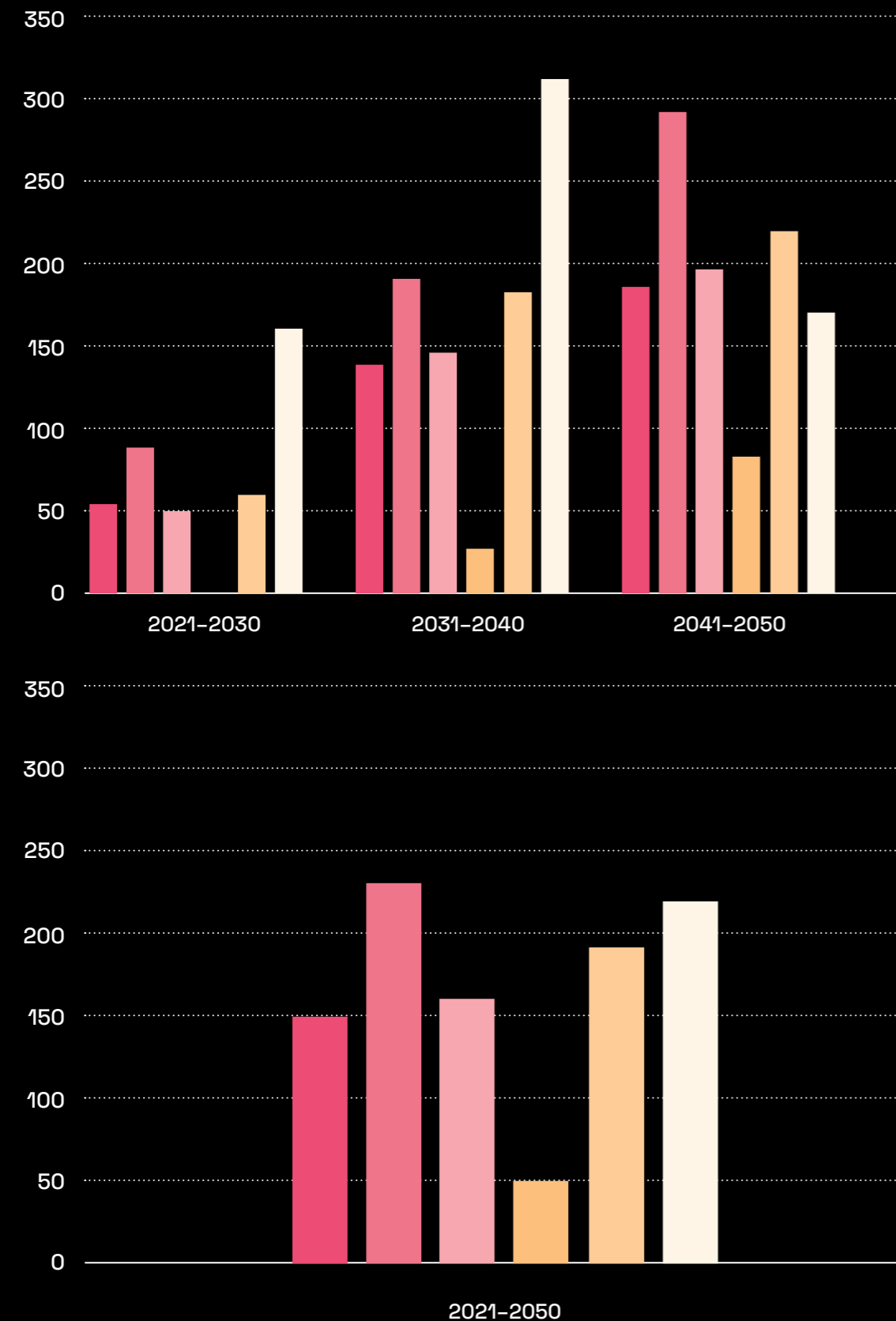
Zur Web-Seite des Kopernikus-Projekts Ariadne:



CO₂-Vermeidungskosten

- Referenz
- Beharrung
- Inakzeptanz
- Suffizienz
- Referenz 100
- Suffizienz 2035

€/tco₂ (CO₂-Vermeidungskosten)



DIE ENERGIEWENDE IM KONTEXT GESELLSCHAFTLICHER VERHALTENSWEISEN

Im Juni 2021 definierte der Deutsche Bundestag mit dem Klimaschutzgesetz (KSG) das verschärfte Ziel der Treibhausgasneutralität Deutschlands im Jahr 2045. Auf dieser Grundlage hat das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) die Studie „Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem – Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen“ veröffentlicht. Sie untersucht die Entwicklungspfade des deutschen Energiesystems. Hierzu wurden die neuen verschärften Zwischenziele des KSGs von minus 65 Prozent 2030 und minus 88 Prozent 2040 sowie das Ziel der Treibhausgasneutralität energiebedingter CO₂-Emissionen 2045 zugrunde gelegt. Um die Auswirkungen gesellschaftlicher Trends auf das Erreichen der Klimaziele zu analysieren, entwickelt die Studie vier Szenarien. Sie vergleicht ein Szenario, in dem der Energieverbrauch stark gesenkt wird (Suffizienz), ein Szenario, in dem ein Widerstand gegen große Infrastrukturmaßnahmen wie Windenergieanlagen herrscht (Inakzeptanz), und ein Szenario, in dem weiterhin auf dem Betrieb von konventionellen Technologien beharrt wird (Beharrung), mit einem Szenario, indem keine zusätzlich hemmenden oder fördernden Entwicklungen angenommen werden (Referenz).

Für die Simulation und Optimierung der Szenarien wurde das am Fraunhofer ISE entwickelte Energiesystemmodell REMod eingesetzt.

Das Erreichen der Klimaschutzziele erscheint in allen Szenarien technisch machbar. Gesellschaftliches Verhalten erweist sich dabei allerdings als ein maßgeblicher Faktor für den Weg, den die Energiewende durchläuft und für die Kosten des Systemumbaus. Wesentliche Ergebnisse der Studie lauten zusammengefasst:

1. Die Transformation des deutschen Energiesystems zur Erreichung von Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 ist aus technischer und systemischer Sicht machbar. Sie erfordert jedoch auf allen Ebenen schnelles Handeln und ab sofort fast ausschließlich Investitionen in zielkompatible Technologien.

2. Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 ist mit erheblichem Aufwand zu erreichen, der umso größer ist, wenn gesellschaftliche Verhaltensweisen der Transformation im Wege stehen.

3. Um einen Klimaschutzgesetz-konformen Umbau des Energiesystems zu erreichen, ist eine beschleunigte Umstellung der Stromerzeugung von fossilen auf erneuerbare Energien notwendig.

4. Strom wird der maßgebliche Energieträger im Energiesystem 2045 sein.

5. Eine starke Flexibilisierung der Strombereitstellung und -nutzung wird zu einem Schlüsselement der Systementwicklung. Hier werden insbesondere Power-to-X-Technologien, Batteriespeicher und flexible Kraftwerke wichtig.

6. Die Elektrolyse, verbunden mit der Nutzung von Wasserstoff in verschiedenen Anwendungsbereichen, ist ein wichtiger Baustein der zukünftigen Energieversorgung.

7. Die effiziente Nutzung von Energie und die Verbrauchsreduktion durch technische Maßnahmen tragen insbesondere im Bereich der Wärmebereitstellung wesentlich zur Erreichung von Klimaschutzziele bei.

8. Verhaltensänderungen in weiten Teilen der Gesellschaft im Sinne eines sparsamen Umgangs mit Energie können eine erhebliche Wirkung auf den Umbau des Energiesystems haben und reduzieren die Kosten substantiell.

9. Der Import von Energie in Form von Strom und im Ausland auf Basis erneuerbaren Stroms hergestellter synthetischer chemischer Energieträger ist ein wichtiger Teil zur Erreichung der deutschen Klimaschutzziele.

10. Für den Umbau des Energiesystems zu einem treibhausgasneutralen System müssen hohe Investitionen getätigt werden. Jedoch können durch diese Investitionen potenzielle hohe Umweltkosten vermieden werden.

Christoph Kost

Zur Studie des Fraunhofer ISE:





ES WIRD PERSÖNLICH: FRAGEN AN CHRISTOPH KOST ZUR ENERGIEWENDE

Dr. Christoph Kost leitet am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) die Gruppe für Energiesysteme und Energiewirtschaft in der Abteilung Energiesystemanalyse. Seine Forschungsschwerpunkte sind unter anderem die Analyse von Energiesystemen und Transformationspfade, die Integration von erneuerbaren Energien und die Kostenanalyse von Energietechnologien.

In der Ausstellung „Power2Change: Mission Energiewende“ geht es um die möglichen Wege in eine klimaneutrale Zukunft in Deutschland. Wie sieht unsere Energieversorgung 2045 aus? Was ändert sich im Vergleich zu heute?

Die sichtbaren und wahrnehmbaren Unterschiede zu heute wird sicherlich die noch umfangreichere Nutzung von erneuerbaren Energien, also Windkraftanlagen und Solaranlagen, sein. Aber auch die saubere Luft, durch deutlich geringere Schadstoffausstöße aus Verkehr, Industrie und Gebäuden, werden wir wahrnehmen können.

Welches Forschungsergebnis begeistert Sie am meisten?

In unserem Kopernikus-Projekt Ariadne haben wir an vielen unterschiedlichen Instituten die Transformationspfade des deutschen Energiesystems untersucht. Am Ende haben wir alle Ergebnisse zusammengeführt und sind zu einheitlichen Ergebnissen gekommen, was jetzt für die Energiewende getan werden muss.

Wie würden Sie Ihre Forschungsarbeit beschreiben?

In meinen Forschungsarbeiten analysiere ich Energiesysteme: Wie sind diese aufgebaut? Wie müssen sie verändert werden, um klimaneutral zu werden? Was können Einzelpersonen dabei tun? Hierzu verwenden wir Computerprogramme, die das hochkomplexe System unseres Energiesystems abbilden, vom Verkehr über Industrie bis zu einzelnen Gebäuden.

Mit wem würden Sie die Ausstellung am liebsten besuchen und warum?

Die Ausstellung würde ich am liebsten mit meinen Kindern besuchen. Es gibt so vieles zu entdecken und auch mitzumachen. Gleichzeitig können sie ein wenig in die Zukunft blicken und Aspekte des zukünftigen Lebens und der Energieversorgung lernen.

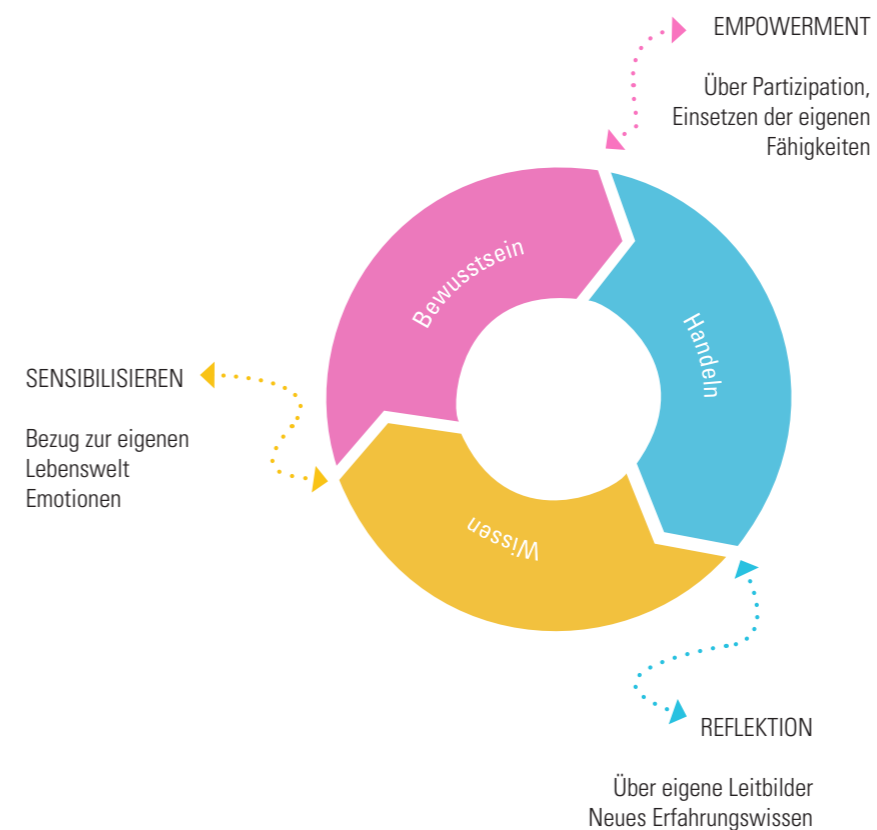
Fünf Fragen an..., weitere Interviews unter:



EIN BLICK HINTER DIE KULISSEN DES AUSSTELLUNGS- MACHENS

Energiewende verhandeln

Wesentliches Ziel der Ausstellung „Power2Change“ ist es, Menschen für die Herausforderungen der Energiewende zu sensibilisieren und sie darin zu bestärken, diese als „machbar“ anzunehmen. Die Ausstellungsdidaktik hat den Entstehungsprozess der Ausstellung durchgehend begleitet und mehrdimensionale Zugänge geschaffen. Sie orientiert sich an den Leitlinien des ganzheitlichen Konzeptes „Bildung für nachhaltige Entwicklung“. Der Lernprozess „vom Wissen – zum Bewusstsein – ins Handeln“ wird innerhalb der Ausstellung durch interaktive Formate gestärkt. Zugrundeliegende Ziele hierbei sind das Empowerment des Individuums, das heißt, die Aktivierung von Eigenmotivation und die Förderung des Erlebens von Selbstwirksamkeit.



Die Besucher*innen werden in jedem der vier Themenbereiche eingangs mit einem Hands-On-Exponat konfrontiert, dessen Aufgabe unlösbar ist. Die Herausforderung, die im Rahmen der Lösung der Energiewende zu meistern ist, wird zugespitzt und auf den Punkt gebracht. Ziel ist es, das eintretende Frustrationsmoment zu nutzen, um die Besucher*innen zu aktivieren, mögliche Lösungsansätze verstehen zu wollen. Dazu werden im Folgenden aktuelle Forschungsergebnisse vorgestellt. Am Ende jeder Themeneinheit können die Besucher*innen die Erkenntnisse aktiv in einem digitalen Spiel, welches mit der Anfangserfahrung korrespondiert, anwenden. Dies dient der Wiederholung und visualisierten Zusammenfassung des Themenbereichs, aber auch der Sichtbarmachung von Möglichkeiten.

Ein zweiter wichtiger Ansatzpunkt der Ausstellungsdiagnostik ist die Einbeziehung der Besucher*innen über ein Chip-Kartensystem, das am Ende des Rundgangs in eine Abstimmung über vier möglichen Szenarien mündet, die alle in eine klimaneutrale Zukunft führen. Hier werden sie aufgefordert, sich zu Energiewendemaßnahmen, die Lebensraum und Alltag betreffen, zu positionieren. Vor der eigentlichen Abstimmung steht die Beantwortung von Fragen, die sich auf das eigene Verhalten, Wünsche und Haltungen beziehen. In der Auswertung der Antworten kommen die Besuchenden ihrem persönlichen „Energiewende-Typ“ auf die Spur. Deutlich gemacht wird so, dass der Weg in eine Energiewende maßgeblich durch gesellschaftliches Verhalten gesteuert und entschieden wird. Die Sichtbarmachung des Gesamtergebnisses der Abstimmung ermöglicht Dialog und Reflexion im „Verhandlungsraum Energiewende“.



VERMITTLUNGSANGEBOTE

Ausstellungsbegleitende Vermittlungsangebote für Gruppen stärken den zuvor beschriebenen, didaktischen Ansatz. Neben unterschiedlichen Führungsformaten gibt es den Workshop „u(r) turn“ für Jugendliche und junge Erwachsene ab 14 Jahren. Kleingruppen setzen sich kreativ und selbstgesteuert mit der Energiewende auseinander und kreieren Audiobeiträge, Filme, Plakate oder Fotografien zu Ausstellungsinhalten für einen Blog. Nach einer internen Präsentationsrunde werden die Beiträge online gestellt und machen die Stimmen und Haltungen der jungen Besucher*innen zur großen Transformation in Sachen Klimaneutralität 2045 sichtbar.

Lena Kittel / Janina Roder / Henrike Welpinghus

Buchungsmöglichkeiten und weitere Informationen



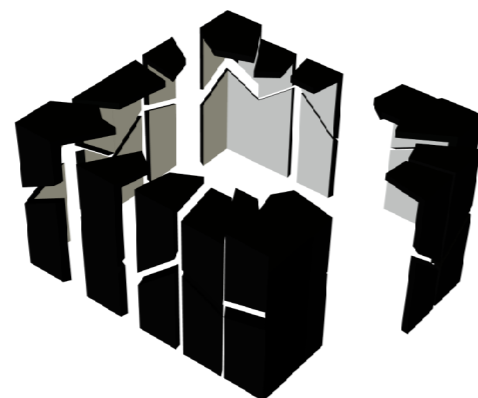
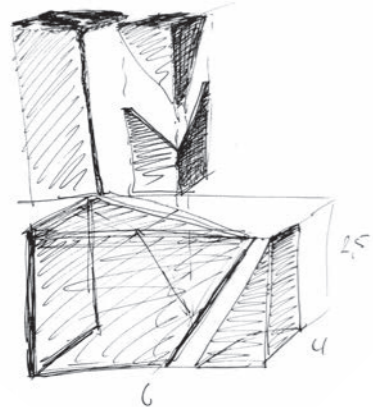
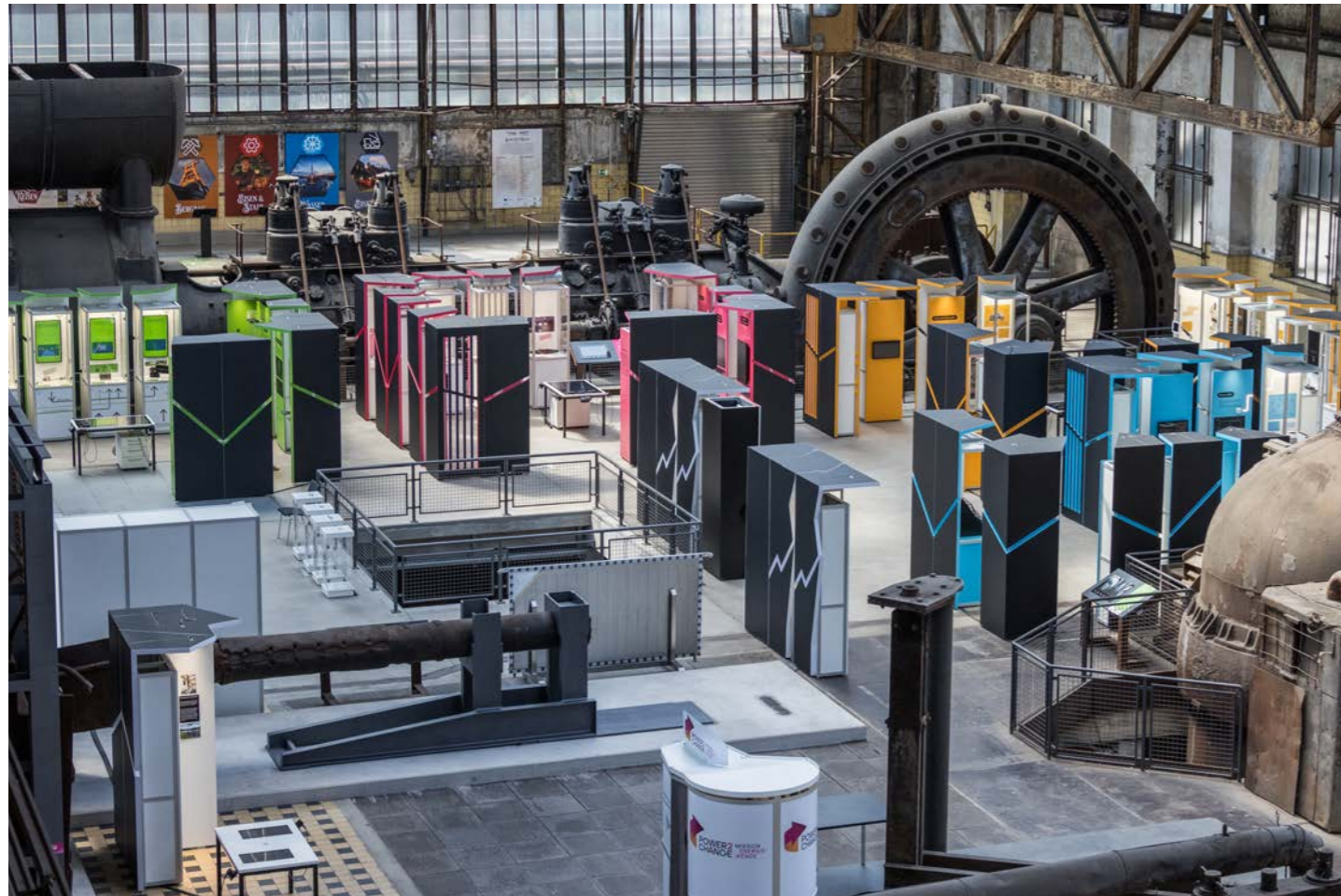
Der Schüler*innen-Blog



Unterrichtsmaterialien



Ausstellung gestalten



ZUM SZENOGRAFISCHEN KONZEPT

Die Ausstellung „Power2Change: Mission Energiewende“ ist von Beginn an in enger Zusammenarbeit zwischen Ausstellungsgestaltung, Didaktik und Kuratation entstanden. Als Leitgedanke der Szenografie kristallisierte sich bereits früh heraus, die komplexen Sachverhalte der Energiewende zu veranschaulichen und das Thema für die Besuchenden zu öffnen. Für viele Menschen werden die hinter dem abstrakten Begriff stehenden Transformationsprozesse in ihrer Komplexität als „Blackbox“ empfunden, besonders, wenn sie nicht unmittelbar den eigenen Alltag betreffen. So ist die Verwunderung groß, wenn Lösungen nicht singulär, sondern in Zusammenhängen von Problemstellungen, Forschungsprojekten und Entscheidungshorizonten vorgestellt werden. Öffnet sich die Welt der Forschung, wird Wissen generiert und die Einsicht vermittelt, dass die Energiewende zu bewältigen ist. Dazu musste ein Vermittlungskonzept implementiert werden, das Elemente aus Handeln, Wissen und Bewusstsein mit den Prinzipien der Reduktion und dem Mut zur exemplarischen Auswahl, wiederkehrenden Anknüpfungspunkten, Dialog und Partizipation sowie Playfull Learning und -Experience miteinander verknüpft. Deshalb wurde ein Ausstellungssystem gestaltet, das die Komplexität der vorgestellten Forschungsprojekte auflöst, ein Raumerlebnis in sehr unterschiedlichen Umgebungen – von der authentischen Industriehalle bis zum artifiziellen Raum – ermöglicht sowie Kontextualisierungen erlaubt.

WISSENSCHAFT ALS GEÖFFNETER RAUM

An vielen Stellen arbeiten Menschen daran, Lösungen für die Energiewende zu schaffen. Ziel der Ausstellungsgestaltung ist es, diese Wissenschaftsräume zu öffnen und für alle erlebbar zu machen. Das gestalterische Narrativ folgt konsequent dieser Idee. Die zentralen vier Themenbereiche wurden daher als aufbrechende Boxen ausgeführt.

Jede der vier Boxen widmet sich einem inhaltlichen Schwerpunkt und wird in jeweils 20 gleiche Einzelfragmente „gesprengt“, die für eine begehbare Raumszenierung flexibel aufgestellt werden können. Die Grundform der Box bleibt dabei wahrnehmbar, die Abstände der einzelnen Fragmente zueinander kann an die verschiedenen Raumsituationen der Stationen der Wanderausstellung angepasst werden. Themen- und Forschungsfelder der Energiewende leuchten von innen nach außen. Durch gut wahrnehmbare Strukturen, klare Farben und wiederkehrende Grundformen wird eine auch unterbewusst leicht verständliche Codierung geschaffen. Denn jedem inhaltlichen Schwerpunkt – „Vernetzen“, „Verteilen“, „Verwerten“ und „Verwandeln“ – ist eine Farbe fest zugeordnet. Da sich die Ausstellung vornehmlich an Jugendliche und junge Erwachsene richtet, orientiert sich die Farbauswahl an der Ästhetik aktueller popkultureller Phänomene mit intensiven Farben: Pink, Orange, Blau und Grün. Die jeweils inhaltlich eng aufeinander bezogenen Themenbereiche verwenden jeweils die Komplementärfarbe: Blau reagiert auf Orange, Pink auf Grün. Ergänzende Module, die Grundlagenwissen vermitteln, u. a. zu Strom und Wasserstoff, bleiben in der Schauseite weiß – gleichsam die Anwesenheit aller Farben.

Texte und Objekte sind direkt in oder auf die Elemente aufgebracht. Die eingebaute Lichtdramaturgie erlaubt verschiedene Wahrnehmungen: sowohl eine konzentrierte und fokussierte Atmosphäre auf Fragestellungen als auch die eines hellen Forschungslabors.



ARBEIT IM LABOR

Alle vier Themenbereiche sind gleich aufgebaut. Über die Problemstellung zur Lösung spannt sich der narrative Bogen. Mit gestalterisch auf die jeweilige Einheit abgestimmten Hands-On-Exponaten werden die Besuchenden immer wieder zum Handeln, zum Erfahren und damit zum Entdecken eingeladen. Durch den Einsatz eines Alu-Vierkant-Nut-Systems, wie es in vielen Forschungseinrichtungen verwendet wird, und diffuser und intensiver Beleuchtung weisen die Fragmente einen typischen Labor-Charakter auf. Verbunden durch zwischen den Laborelementen vermittelnden Licht- oder Grafiksystemen verfestigt sich das Bild einer Einheit.

Den Mittelpunkt bildet jeweils ein „Schreibtisch“, der mit medialer Vermittlung in einer artifiziiellen und doch spielerischen Situation Wissenschaftler*innen aus den vorgestellten Forschungsprojekten zu ihrem Arbeitsalltag und ihrer Motivation vorstellt. Besuchende können Interviewsequenzen abrufen und werden so Gast in den Büros und Laboren der Forschenden.



ZUSAMMEN SIND WIR VIELE

Einführung (Intro) und Ausgang (Outro) der Ausstellung bilden eine Klammer. In der Gestaltung dieser Elemente kommt ein weiteres abstraktes Gestaltungsmittel zum Tragen: Eine Vielzahl von Punkten. Sie verdeutlichen – eingesetzt in Text, Grafik und Film –, dass der Erfolg der Energiewende von der Zusammenarbeit vieler einzelner Menschen abhängt, die nur gemeinsam das große Ziel erreichen können. Erst wenn die Punkte zusammenkommen, bilden sie ein großes, lesbares Ganzes. Die Punkte und ihr Zusammenspiel werden nicht nur in groben Rastern großer LED-Wände sichtbar, sondern ebenso auf einem Flipdot-Display, das mit seiner ständig wechselnden Anzeige und Hinweisen auf aktuelle Entwicklungen das Prozesshafte der Energiewende optisch und akustisch in Szene setzt.



In die Ausstellung ist ein Besuchenden-Umfrage-System implementiert. Es macht die Ausstellung zum Spielfeld. Mittels Chip-Karten können Fragen zu Haltungen beantwortet werden. Am Ende des Ausstellungsbesuchs lässt sich dieses auf individuelle Haltungen und Meinungen abzielende Quiz auswerten – ein ausgedruckter Bon präsentiert die jeweilige Tendenz in der Haltung zur Energiewende. Die Chip-Karten können dann am Ende in Abstimmungsboxen geworfen werden, je eine für eine Haltung zur Energiewende. Auf diese Weise entsteht ein Meinungsbild, was der richtige Weg in die Energiewende sein könnte. Das physische Bild der Kartenmenge in den Abstimmungsboxen wird durch ein übergroßes Balkendiagramm auf einem LED-Screen ergänzt, das die Gesamtsumme der Stimmabgaben zeigt. Hier entsteht abschließend ein großes Stimmungsbild zur Energiewende, das vom Forschungspartner an der Technischen Universität Ilmenau ausgewertet werden kann – immer auch unter Berücksichtigung des Ausstellungsortes.

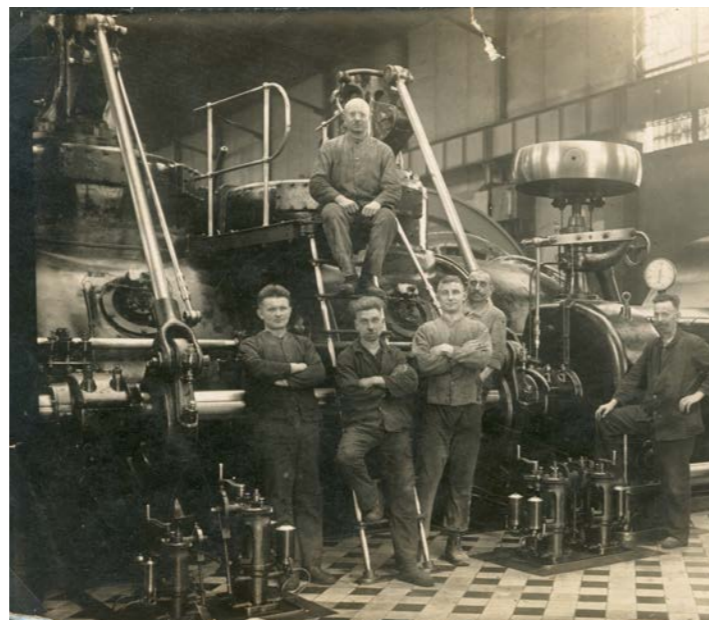
Die Realisierung der Ausstellung löst das didaktische Konzept ein. Dies war nur möglich, weil Szenografie, Gestaltung und Museumspädagogik in jeder Phase der Entwicklung Hand in Hand mit der Kuration arbeiteten.

Thimo Kortmann / Imke Wendt

Das LWL-Museum Henrichshütte Hattingen

Die Henrichshütte ist das Ergebnis einer historischen Energiewende. Graf Henrich von Stolberg-Wernigerode (1772-1854), der bislang im Harz Eisen in Holzkohleöfen erschmolz, suchte einen Ort für ein modernes Hüttenwerk auf der Grundlage fossiler Energieträger. In Hattingen fand er ideale Bedingungen. Kohle, Erz und Kalk waren vor Ort vorhanden, ebenso die schiffbare Ruhr. Deshalb gründete er hier 1854 die Hütte, die seinen Namen erhielt.

Bald reichten die Rohstoffe aus der Region nicht mehr aus und mussten weltweit eingekauft werden. Die immer stärker spürbar werdenden Standortnachteile glich das Hüttenwerk durch hohe Spezialisierung aus: In Hattingen entstanden Produkte mit hohen Qualitätsanforderungen. Der Energiesektor spielte hierbei immer eine große Rolle. Ob Druckbehälter für Atomkraftwerke, Turbinen und Generatorwellen für Wasserkraftwerke oder Gehäuse für Windkraftanlagen: Die Henrichshütte konnte diese Nachfragen bedienen und schwamm so lange Zeit auf der Welle des technischen Fortschritts.



Mit der Stilllegung der Hochöfen wurde 1987 der Niedergang der Henrichshütte eingeleitet. Heute steht der Hochofen 3 als Teil des LWL-Industriemuseums beispielhaft für die Geschichte des fossilen industriellen Zeitalters. Ob das auf dem Gelände zu entdeckende Steinkohleflöz oder die riesige Gasmaschine: Die Henrichshütte lädt ein, sich mit der Geschichte der Energiewenden aus unterschiedlichen Perspektiven zu beschäftigen.

Olaf Schmidt-Rutsch

Das Klimahaus Bremerhaven

Einmal um die Welt reisen und die Klimazonen der Erde erleben: Von den Schweizer Bergen geht es durch die Wüste der Sahelzone und das Packeis der Antarktis, zum Südseestrand von Samoa und wieder zurück an die Nordseeküste.

Im Klimahaus Bremerhaven begeben sich die Besucher*innen auf eine außergewöhnliche Tour, die sie entlang des Längengrades 8° 34' Ost einmal um die Welt führt. Unterwegs begegnen ihnen Menschen, die aus ihrem Alltag erzählen und berichten, wie sich ihr Leben und das jeweils vorherrschende Klima gegenseitig beeinflussen.



Neben dieser „Reise“ erwarten weitere Ausstellungsbereiche die Besucherinnen und Besucher: Die „Perspektiven“ veranschaulichen das Zusammenwirken von Mensch, Erde und Klima, außerdem geben sie Auskunft über die Auswirkungen des Klimawandels auf die Zukunft. Im „World Future Lab“ können sie an mehreren Spielstationen die Welt verändern, lernen ihre persönlichen Stärken kennen und erfahren, wie andere das Klima schützen.

Das Klimahaus möchte das Bewusstsein dafür schärfen, dass der Klimawandel zu den derzeit größten politischen und gesellschaftlichen Herausforderungen weltweit gehört. Es hat sich den Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen verpflichtet und dafür weltweit mit anderen Akteurinnen und Akteuren vernetzt. Als außerschulischer Lernort orientiert sich das Klimahaus an den Prinzipien der Bildung für nachhaltige Entwicklung. Es wurde in dieser Rolle mehrfach ausgezeichnet.

Susanne Nawrath



Glossar

Carbon Capture and Utilization (CCU)

bezeichnet die Nutzung von Abgasen oder Luft als alternativen Kohlenstoffquellen.

CO →Kohlenmonoxid

CO₂ →Kohlendioxid

Defossilisierung

bedeutet die Abkehr von der Nutzung fossiler Energieträger wie Erdöl, Erdgas und Kohle. Häufig wird auch von einer Dekarbonisierung gesprochen. Doch eine Abkehr von →Kohlenstoff im Allgemeinen ist in vielen Bereichen weder möglich (viele Gegenstände des täglichen Lebens und das Leben selbst bestehen aus Kohlenstoff) noch sinnvoll.

E-Fuel

bezeichnet Kraftstoffe (Benzin, Diesel, Kerosin), welche nicht aus fossilen Energien, sondern mittels →Strom aus →CO₂ und →H₂ gewonnen werden. Das „E“ steht für „Elektro“, „Fuel“ ist Englisch für „Kraftstoff“.

Elektrifizierung

meint die Nutzung von elektrischer Energie für Bereiche, die bisher auf andere Energieträger ausgerichtet waren. Elektrische Energie dient dann z. B. der Erzeugung von Wärme oder dem Antrieb von Fahrzeugen.

Emissionen

sind Stoffe, die in die Umwelt (Luft, Wasser, Boden) abgegeben werden. Einige dieser Emissionen sind für Menschen schädlich, z. B. Feinstaub. Andere Emissionen (Treibhausgase) beeinflussen das Klima. Bei den Treibhausgasen wird ursächlich zwischen energie- und prozessbedingten Emissionen unterschieden. Energiebedingte Emissionen sind jene, die bei der Verbrennung fossiler Energieträger zur Erzeugung von →Strom, Wärme oder in Fahrzeugmotoren anfallen. Prozessbedingte Emissionen entstehen in chemischen Reaktionen zur Herstellung bestimmter Stoffe, z. B. Kalk und Zement.

Energie

Es gibt verschiedene Energieträger, z. B. fossile (Erdöl), biogene (Holz) oder →erneuerbare (Wind). Wir nutzen ihre Energie in unterschiedlichen Energieformen. Dazu gehören elektrische Energie, Wärme oder Bewegungsenergie. Energie wird in →kWh (Kilowattstunden) gemessen.

Erneuerbare/regenerative/Grüne Energie

Grüne Energien (z. B. Strom, Wärme) werden aus Energiequellen gewonnen, die unbegrenzt zur Verfügung stehen. Dazu gehören Wind- und Sonnenenergie sowie Wasserkraft und Erdwärme. Auch Energiequellen, deren Rohstoffbasis sich wie bei Biomasse regelmäßig erneuert, gehören zu den Grünen Energiequellen.

Gleichstrom (DC)

Als Gleichstrom bezeichnet man →Strom, der immer in der gleichen Richtung fließt.

H₂ →Wasserstoff

Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ)

Große elektrische Leistungen werden bei sehr hohen →Spannungen (100-1000 kV) über das Verfahren „Hochspannungs-Gleichstrom“ (HGÜ) übertragen. Über →Wechselrichter werden diese ins herkömmliche Stromnetz eingespeist.

Klimabilanz

Die Klimabilanz ist ein Maß für die →Emissionen von Staaten, Unternehmen, Produkten oder Aktivitäten. Es handelt sich um einen Nettobetrag. Das heißt, bei der Berechnung werden →CO₂- →Emissionen, die durch Reduktionsmaßnahmen der Atmosphäre entzogen werden, von der Summe der tatsächlich freigesetzten Emissionen abgezogen. „Klimaneutralität“ oder „Netto-Null-Emissionen“ bedeuten also nicht „keine Emissionen“.

Klimawandel

Das Wort Klimawandel benutzt man hauptsächlich für die aktuelle, vom Menschen verursachte Veränderung des Klimas. Allgemein versteht man unter einer Klimaänderung eine Veränderung des Klimas über einen langen Zeitraum – unabhängig davon, ob diese Veränderung natürlich oder menschengemacht ist.

Kohlendioxid (CO₂)

Kohlendioxid ist ein Molekül aus →Kohlenstoff (C) und Sauerstoff (O). Kohlendioxid, das bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen entsteht, trägt wesentlich zum Treibhauseffekt bei.

Kohlenmonoxid (CO)

Kohlenmonoxid ist ein Molekül aus →Kohlenstoff (C) und Sauerstoff (O). Es ist sehr giftig und entsteht, wenn ein kohlenstoffhaltiges Material nicht richtig verbrennen kann (z. B. wegen zu wenig Sauerstoff).

Kohlenstoff (C)

Kohlenstoff ist ein chemisches Element mit der Abkürzung „C“. Kohle und Holzkohle bestehen überwiegend aus Kohlenstoff. Grafit (z. B. die Mine im Bleistift) und Diamanten bestehen aus reinem Kohlenstoff. Erdöl und Erdgas bestehen aus Molekülen, die Kohlenstoff-Atome enthalten.

Konverter

Durch einen elektrischen Konverter kann →Wechsel- in →Gleichstrom umgewandelt werden– und umgekehrt. Der Kern des Konverters ist der →Umrichter. Dort findet die Umwandlung statt. Durch →Transformatoren wird der umgewandelte Strom an die →Spannung des Netzes angepasst, in das er eingespeist wird.

kWh (Kilowattstunden)

Wattstunden (Wh) sind die Maßeinheit für →Energie. Sie ist ein Produkt aus Leistung und Zeit. 1000 Wattstunden sind eine Kilowattstunde. Brennt eine 60-Watt-Glühbirne 3 Stunden lang beträgt die umgesetzte Energie 180 Wattstunden, also 0,18 kWh.

Prozesswärme

Prozesswärme wird in industriellen Prozessen verwendet, z. B. zum Trocknen oder Schmelzen. Erzeugt wird sie hauptsächlich aus →Strom oder fossilen Brennstoffen. Abwärme, die als Nebenprodukt in verschiedenen Verfahren entsteht (z. B. Verbrennung), kann ebenfalls als Prozesswärme genutzt werden.

Sektoren

Die sechs Wirtschaftssektoren sind: Energie, Industrie, Gebäude, Abfall, Verkehr und Landwirtschaft. Die →CO₂- →Emissionen eines Landes können nach Sektoren getrennt betrachtet werden. Im deutschen Klimaschutzgesetz wurden Reduktionsziele für jeden Sektor definiert.

Sektorenkopplung

ist eine Schlüsseltechnologie auf dem Weg in ein klimaneutrales Deutschland. Hierbei werden die Energiesektoren →Strom, Wärme und Verkehr miteinander vernetzt. Aus →erneuerbaren Quellen erzeugte →Energie kann so effizient genutzt werden.

Spannung (U)

Die elektrische Spannung misst man in Volt. Die Spannung ist die Ursache für elektrischen →Strom. Sie bezeichnet die Stärke einer Spannungsquelle. Spannung gibt es in unterschiedlichen Größenordnungen. Sie sorgt in der heimischen Steckdose (230 Volt) für ein geladenes Smartphone. Hochspannungsleitungen sind für den Menschen dagegen unmittelbar lebensgefährlich.

Strom

Strom bezeichnet die Bewegung von elektrischen Ladungsträgern. Er dient der Übertragung von elektrischer →Energie.

Transformator

Mit einem Transformator wird →Wechsel- oder Drehstrom auf eine andere →Spannung oder Stromstärke gebracht.

Trasse

Die Wegeführung von Versorgungs- und Entsorgungsleitungen (z. B. Strom, Gas, Abwasser) nennt man Trasse.

Umrichter

Mit einem Umrichter kann man die Frequenz des →Wechselstroms ändern. In den meisten Teilen der Welt (auch Deutschland) hat der Strom aus der heimischen Steckdose eine Frequenz von 50 Hz. In Nordamerika sind es 60 Hz. Eine Frequenz von 50 Hz eignet sich besonders für den Betrieb von Motoren, Glühlampen und Generatoren.

Umspannwerk

Ein Umspannwerk verbindet durch →Transformatoren Netze unterschiedlicher Spannungsebenen (Nieder-, Mittel-, Hoch- und Höchstspannung) miteinander. In einem Umspannwerk können auch Netze gleicher →Spannung (z. B. zwei Niederspannungsnetze) miteinander verbunden oder abgeschaltet werden. Dann spricht man von einer Schaltanlage.

Wasserstoff (H₂)

Wasserstoff ist das kleinste der chemischen Elemente und kommt in der Natur fast nur in gebundener Form vor, z. B. in Wasser. Man muss Wasserstoff gewinnen – und das kostet viel →Energie. Man kann ihn für viele Dinge benutzen, unter anderem für →Wasserstoffantriebe und als Rohstoff in der Industrie. Wenn der Wasserstoff aus →Grünem Strom gewonnen wird, setzt seine Herstellung und Nutzung keine Treibhausgase frei.

Wasserstoffantrieb

Es gibt zwei Varianten von Wasserstoffantrieben: Die Brennstoffzelle, die mit einem Elektromotor kombiniert wird, und den Wasserstoffverbrennungsmotor. Der →Wasserstoff wird in beiden Fällen gasförmig getankt. Auch die Entwicklung von Antrieben mit flüssigem Wasserstoff wird vorangetrieben.

Watt (W)

Watt ist die Maßeinheit von Leistung. In Watt wird also die pro Zeit potenziell umgesetzte →Energie angegeben. Eine 20-Watt-Glühbirne hat eine andere Leistung als ein 2400-Watt-Staubsauger. Laufen beide eine Stunde, setzt die Glühbirne 20 Wh, der Staubsauger 2,4 →kWh um. Umgekehrt kann die Glühbirne mit 1 kWh 50 Stunden leuchten, während mit dieser Energie nur 25 Minuten staubgesaugt werden kann. Bei Kraftwerken gibt die Leistung an, wie viel Energie im Betrieb pro Sekunde erzeugt werden kann.

Wechselrichter

Mit einem Wechselrichter stellt man aus einer Gleichspannung eine Wechselspannung her.

Wechselstrom (AC)

Als Wechselstrom bezeichnet man →Strom, der regelmäßig seine Richtung ändert.

Impressum



Von links nach rechts:
Dr. Georg Lunemann (Der Direktor des Landschaftsverband Westfalen-Lippe)
Prof. Dr. Kurt Wagemann (DECHEMA e.V.)
Martin Schmidt (LWL-Industriemuseum)
Bettina Stark-Watzinger (Bundesministerin für Bildung und Forschung)
Prof. Dr. Jens Wolling (Technische Universität Ilmenau)
Prof. Dr.-Ing. Görges Deerberg (Fraunhofer UMSICHT)
Dr. Kirsten Baumann (Die Direktorin der LWL-Museen für Industriekultur)
Beate Langholf (Wissenschaft im Dialog)
Dr. Susanne Nawrath (Klimahaus Bremerhaven)

Die Ausstellung „Power2Change: Mission Energiewende“ ist ein Ergebnis des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projektes „Wissenschaftskommunikation Energiewende“.

GESAMTPROJEKTLEITUNG „WISSENSCHAFTSKOMMUNIKATION ENERGIEWENDE“

Leitung

Prof. Dr.-Ing. Görges Deerberg, Fraunhofer UMSICHT (Sprecher)
Prof. Dr. Kurt Wagemann, DECHEMA e. V.
Dr. Sabrina Müller, DECHEMA e. V.

Geschäftsstelle

Dr. Sabrina Müller, DECHEMA e. V.
Sandra Naumann, Fraunhofer UMSICHT

Wissenschaftliche Begleitung

Dr. Christoph Kost, Fraunhofer ISE
Dr.-Ing. Torsten Müller, Fraunhofer UMSICHT
Dr. Dinh Du Tran, DECHEMA e. V.

Die wissenschaftlichen Inhalte zur Energieforschung bringen die Kopernikus-Projekte gemeinsam mit DECHEMA e. V., der Verbundprojekt-Cluster Carbon-2Chem® gemeinsam mit Fraunhofer UMSICHT, dem Fraunhofer-Cluster CINES und vielen weiteren Partnern ein.

Weitere Partner

Prof. Dr. Robert Schögl, Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft
Dr. Benjamin Johnson, Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft

Hochschulen, Forschungsinstitute und Organisationen

Deutsche Umwelthilfe e. V.
Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme IWES
Hertie School
Karlsruher Institut für Technologie
Klima-Allianz Deutschland e. V.
Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion MPI-CEC
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
Ruhr-Universität Bochum
RWTH Aachen University
Technische Universität Darmstadt
World Wide Fund For Nature WWF®

Unternehmen

Climeworks AG
ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG
Hitachi Energy Germany AG
Imperix power electronics Ltd
Ineratec GmbH
KGaA Trimet Aluminium SE
Linde GmbH
Polytan GmbH
Siemens Energy Global GmbH & Co. KG
Sunfire GmbH
TenneT TSO GmbH
Thyssenkrupp nucera AG & Co.
WS Wärmeprozess-technik GmbH
Imperix power electronics

KOMMUNIKATION, ÖFFENTLICHKEITSARBEIT, RAHMENPROGRAMM MIT EVALUATION, ENERGIEMOBIL UND WANDERAUSSTELLUNG

Leitung

Beate Langholf, Wissenschaft im Dialog gGmbH
Markus Weißkopf, Wissenschaft im Dialog gGmbH

Team

Felix Dunkl, Wissenschaft im Dialog gGmbH
Imke Hedder, Wissenschaft im Dialog gGmbH
Tobias Kösters, Wissenschaft im Dialog gGmbH
Sophia Pantev, Wissenschaft im Dialog gGmbH
Vincent Schmid-Loertzer, Wissenschaft im Dialog gGmbH
Katharina Sieß, Wissenschaft im Dialog gGmbH
Ariane Trautvetter, Wissenschaft im Dialog gGmbH

BEGLEITFORSCHUNG

Leitung

Prof. Dr. Jens Wolling, Technische Universität Ilmenau

Team

Dr. Dorothee Arlt, Technische Universität Ilmenau
Marius Becker, Technische Universität Ilmenau
Dr. Christina Schumann, Technische Universität Ilmenau
Natalia Sultanova, Technische Universität Ilmenau

AUSSTELLUNGSKONZEPTION UND -UMSETZUNG „POWER2CHANGE: MISSION ENERGIEWENDE“

Intendanz

Dr. Kirsten Baumann, LWL-Museen für Industriekultur
Arne Dunker, Klimahaus Bremerhaven

Stab Projektleitung

Dr. Susanne Nawrath, Klimahaus Bremerhaven
Martin Schmidt, LWL-Industriemuseum
Dr. Olaf Schmidt-Rutsch, LWL-Industriemuseum
Imke Wendt, Klimahaus Bremerhaven (Szenografie und Gestaltung)

Assistenz

Steven Rattey, LWL-Industriemuseum
Janina Scholtzek, LWL-Industriemuseum

Kuration

Hannah Fiedler, LWL-Industriemuseum
Dr. Mariann Juha, LWL-Industriemuseum

Didaktik

Lena Kittel, LWL-Industriemuseum
Janina Roder, Klimahaus Bremerhaven
Henrike Welpinghus, Klimahaus Bremerhaven

Gestaltung, Szenografie, Grafik, Medientechnik

Thimo Kortmann, LWL-Industriemuseum

Restaurierung, Technik und Bau

Andreas Hoppenrath, LWL-Industriemuseum
Ina Wohlfahrt-Saueremann, LWL-Industriemuseum

Sammlung

Olge Dommer, LWL-Industriemuseum

Transporte

Sven Jüttemeier, LWL-Industriemuseum
Frank Hermann-Sandkühler, LWL-Industriemuseum

Grafik

Barbara Knievel, LWL-Industriemuseum

Firmen

235 Media GmbH, Köln
Archimedix GmbH & Co. KG, Ober-Ramstadt
Gerdes Ladenbau GmbH, Wiefelstede
Journalistenbüro punkt um, Köln
Kurt Hüttinger GmbH & Co. KG, Schwaig bei Nürnberg
Mainmix OnStage GbR, Schwerte
Niggemeyer Pro Imaging GmbH & Co. KG, Bochum
Schwerdtfeger & Vogt GmbH, Münster/Berlin
Seibert Film GmbH, Münster
sinnwerkstatt Medienagentur GmbH, Berlin
UTC - Use Technology Creatively! GmbH, Oberursel/Ts.
Vorzweigkind GmbH, Dortmund

Abbildungsverzeichnis



Bundesregierung/Guido Bergmann: S. 2
Climeworks AG: 34 o.
DECHEMA e. V./Jose Poblete: S. 4 re.
Fraunhofer ISE: S. 44
Fraunhofer UMSICHT: S. 4 li.
Klimahaus Bremerhaven/Laurence Delderfield: S. 55 u.
Klimahaus Bremerhaven/Ralph Langer: S. 55 o.
Klimahaus Bremerhaven/Frank Pusch: S. 6 re.
LWL-Industriemuseum/Julia Gehrman: S. 6 li.
LWL-Industriemuseum/Philipp Harms: Umschlag, S. 22 re., 26 o., 36, 51, 52, 53
LWL-Industriemuseum/Delia Pätzold: S. 54 o.
LWL-Industriemuseum/Sammlung: S. 54 u.
Ruhr-Universität Bochum: S. 30 o.
Siemens AG: S. 34 m., u.
Wissenschaft im Dialog/Tine Jurtz: S. 10
Wissenschaft im Dialog/Caroline Seidel-Dißmann: S. 17, 18, 19, 20, 22 o., u. li., 23, 26 u., 27, 30 u., 31, 35, 48, 58, 60
Grafiken: Power2Change/Schwerdtfeger & Vogt



