



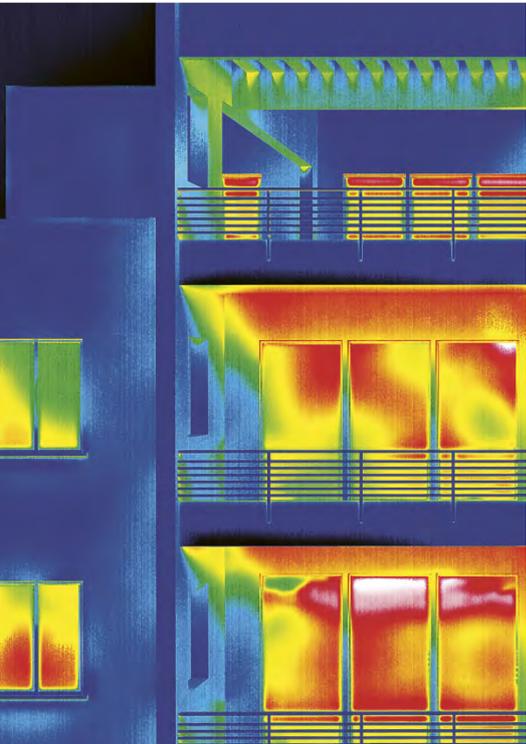
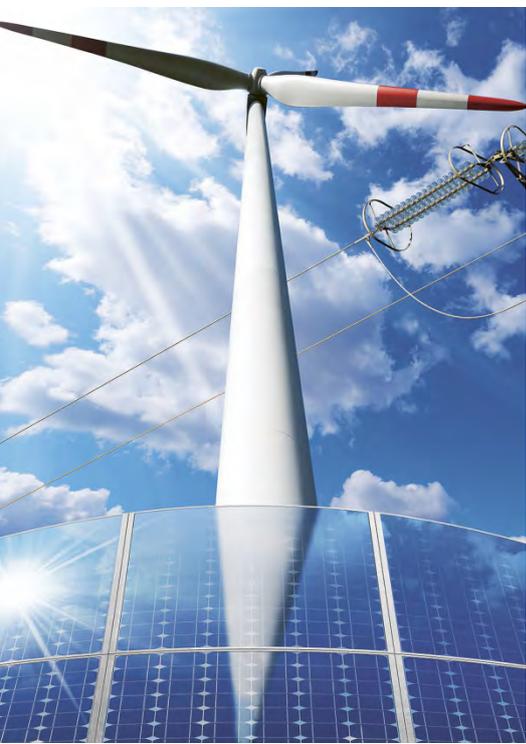
TECHNOLOGIELAND  
HESSEN

VERNETZT.  
ZUKUNFT.  
GESTALTEN.

[technologieland-hessen.de](https://www.technologieland-hessen.de)

# Materials for the European Green Deal

Wie innovative Materialien zu Klimaneutralität führen können



# Inhalt

- 2 Grußwort des Hessischen Wirtschaftsministers
- 4 Hessen zeigt Stärke für innovative Materialien
- 7 Industrie nimmt Kurs auf Klimaschutz  
Materialinnovationen für die Dekarbonisierung der Industrie
- 11 Bitte wenden!  
Materialinnovationen für die Dekarbonisierung des Verkehrs
- 15 Aus Luft gebaut  
Materialinnovationen für Leichtbaulösungen
- 19 Booster für Hessens Energiewende  
Dekarbonisierung der Strom- und Wärmeerzeugung
- 23 Energie perfekt vernetzt  
Materialinnovationen für leistungsfähige Energienetze der Zukunft
- 27 Wohnen 2.0: Wohlfühlen und Klima schützen  
Materialinnovationen für die Dekarbonisierung der privaten Haushalte
- 31 Nachhaltigkeit schlägt Wurzeln  
Materialinnovationen für klimaneutrale Ernährung und Landwirtschaft
- 35 Im Kreis geführt  
Materialinnovationen für eine erfolgreiche Kreislaufwirtschaft
- 38 Materials Valley
- 39 Technologieland Hessen
- 40 Impressum



# Grußwort

Der European Green Deal hat weltweit Hoffnungen geweckt. Mit ihm stellt sich die EU der Herausforderung der Transformation unseres Wirtschaftsmodells in eine nachhaltige Ökonomie, die Klimaschutz, Wohlstand und Wettbewerbsfähigkeit miteinander vereinigt. Innovative Materialtechnologien werden dabei eine zentrale Rolle spielen.

Um den Beitrag von Materialinnovationen näher zu beleuchten und Industrie, Forschung und Politik ein Forum zum Austausch zu bieten, haben wir gemeinsam mit dem in Hessen ansässigen Branchencluster Materials Valley e.V. im Januar 2021 die Veranstaltungsreihe „Materials for the European Green Deal“ gestartet. Bei den acht einzelnen Treffen haben über hundert Vortragende Ideen, Technologien und Herausforderungen in den einzelnen Wirtschaftszweigen diskutiert.

Die dabei gewonnenen Erkenntnisse fasst diese Broschüre zusammen. Wir hoffen, dass Sie darin Denkanstöße für innovative Vorhaben, klimafreundliche Prozesse und neue Geschäftsmodelle finden. Wir werden uns freuen, wenn wir Sie bei der Umsetzung dieser begleiten dürfen.



Tarek Al-Wazir  
Hessischer Minister für Wirtschaft,  
Energie, Verkehr und Wohnen

Veranstaltungsreihe „Materials for the European Green Deal“ forciert Austausch und Vernetzung

## Hessen zeigt Stärke für innovative Materialien

Europas Wirtschaft soll klimaverträglich und nachhaltig werden. Dafür steht der Green Deal der EU-Kommission. Hessens Industrie und Forschung entwickeln eine Vielzahl innovativer Materialien, auf die Industrie, Energieversorgung, Gebäudewirtschaft und Mobilität in Zukunft bauen können.

Der Green Deal ist eine Blaupause, die für Europas Wirtschaft neue Leitplanken setzt: Bis 2050 sollen die Netto-Treibhausgase auf Null reduziert werden, der Rohstoffverbrauch drastisch sinken, die Landwirtschaft gesünder und nachhaltiger werden und umweltverträgliche Mobilität Fahrt aufnehmen. Zugleich will der Green Deal die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie sichern, die Finanzwirtschaft ökologischer ausrichten und den Wohlstand für die Bevölkerung erhalten. Ein Mammutprojekt!

Damit aus den großen Umbauplänen Wirklichkeit wird, braucht es zweierlei: Die politische Verankerung der Ziele in klare Gesetze und Vorgaben sowie eine Vielzahl von technischen Lösungen, die nachhaltiges und ressourcenschonendes Wirtschaften auch tatsächlich möglich machen.

Hessen ist auf beiden Ebenen gut vorbereitet. Das Land integriert die Ziele des europäischen Green Deal in die Landespolitik, zum Beispiel durch die hessische Innovationsstrategie 2021-2027 sowie durch den künftigen Klimaplan und das geplante Klimaschutzgesetz. Mit Beginn der Förderperiode im Sommer 2022 werden die Mittel für industrielle Forschung beispielsweise im Bereich Energietechnik aufgestockt.

Auch wirtschaftlich und wissenschaftlich hat Hessen eine hervorragende Startposition. Die Chemieindustrie verfügt über langjährige Erfahrung in der Entwicklung von Stoffen, die neue Eigenschaften zeigen und komplexe Funktionen erfüllen. Unternehmen aus Automotive und der Metall- und Kunststoffverarbeitung erzeugen Produkte für klimaverträgliche Energieversorgung, für

Fahrzeuge oder Gebäude. Zudem hat das Land mit seinen 38 Hochschulen eine überdurchschnittliche Hochschuldichte und verfügt über zahlreiche, breit aufgestellte außeruniversitäre Forschungseinrichtungen. Viele dieser Universitäten, Hochschulen und Forschungsinstitute forschen anwendungsnahe und kooperieren eng mit Unternehmen aus Hessen und anderen Bundesländern.

Die Veranstaltungsreihe „Materials for the European Green Deal“ des **Technologielandes Hessen** und des **Materials Valley e.V.** hat deutlich gemacht: Es gibt so gut wie keinen Wirtschaftssektor, der ohne innovative Werkstoffe den Sprung in die Zukunft schaffen wird. Etwa 70 Prozent aller Innovationen hängen von Neuentwicklungen der Materialien ab, schätzt das Fraunhofer LBF in Darmstadt. Nicht immer muss es eine Neuschöpfung sein, oft lassen sich etablierte Werkstoffe weiterentwickeln oder im Sinne des Green Deal kreislauffähig gestalten und für bisher unbekannte Anwendungen nutzen.

Zu den wesentlichen Herausforderungen in Hessen gehört die Versorgung des Flugverkehrs mit defossilisierten Kraftstoffen. Ein wichtiger Akteur ist zudem die traditionell starke Chemieindustrie, die ihre Prozesse mit emissionsärmeren Energieträgern befeuert und zugleich die Treibhausgase aus Herstellung, Transport und Verbrauch ihrer Produkte reduzieren und auf nicht-fossile Rohstoffe umstellen muss. Zu den großen Aufgabenbereichen zählt nicht zuletzt der Sektor Gebäude und Haushalte, der auch in Hessen von fossilen Energien und wenig klimaverträglichen Baustoffen dominiert wird.



Erste Schritte sind getan. Die Pipeline ist mit innovativen Materialien „made in Hessen“ gut gefüllt: Wärmeträgeröle erlauben den Transport von Wasserstoff über lange Strecken, smarte Halbezeuge und filigran konstruierte Bauteile sparen Gewicht bei PKW und Flugzeugen, neuartige Elektroden erhöhen Leistung und Lebensdauer von Batterien in E-Fahrzeugen, verbesserte Wärmepumpen und intelligente Verglasungen mindern den Energieverbrauch im Wohnungsbau. Viele Lösungen entstehen in Kooperation von etablierten Unternehmen, Start-ups und praxisnaher Forschung. Die Forschung in Hessen richtet den Blick in großen Verbundprojekten auch auf das Ende der Wertschöpfungskette: Wie gelingt es, komplexe Produkte sinnvoll zu verwerten? Wie gelangen Sekundärrohstoffe konsequent in den Kreislauf zurück?

Für den Transfer einer Idee in den Markt braucht es oft Vermittler. Als zentraler Makler agiert das Technologie-land Hessen, das im Auftrag des Hessischen Wirtschaftsministeriums einen großen Teil seiner Arbeit der Vernetzung von Akteuren widmet. „Die richtigen Partnerschaften findet man in aller Regel nicht bei Google“, weiß **Sandro Szabó**, Projektleiter Materialtechnologien beim Technologie-land. Ein Vorzeigebispiel ist das Additive Manufacturing Center, das derzeit an der TU Darmstadt entsteht. Es verknüpft Expertise aus den Bereichen Additive Manufacturing und digitaler Transformation, um den Transfer von Ideen und neuen Ansätzen in marktgängige Produkte und Dienstleistungen zu beschleunigen.

So wichtig neue Materialien für den Green Deal auch sind – nicht immer muss das Rad neu erfunden werden, um voranzukommen. Auch mit Altbekanntem lässt sich viel

erreichen. Dazu gehören Energieeinsparung und Energieeffizienz. Beides dient sowohl dem Klimaschutz als auch der Verringerung der Abhängigkeit von Gas, Öl und Kohle. Und beides zahlt sich ökonomisch aus, denn viele Effizienzmaßnahmen sind kostengünstiger als der Aufbau neuer Energieversorgungsoptionen.

„Die aktuelle Krise bestätigt unseren Ansatz, das Einsparpotenzial gerade bei kleinen und mittleren Unternehmen systematisch zu nutzen“, sagt **Sebastian Hummel**, der sich im **Hessischen Wirtschaftsministerium** mit technologischen Innovationen und ressourceneffizienter Produktion beschäftigt. Das hessische PIUS-Programm fördert seit 2017 kleine und mittlere Unternehmen (KMU) bei der Umstellung auf umweltfreundliche und energiesparende Prozesse. Beratung, Planung und Umsetzung von Sparmaßnahmen werden mit bis zu 50 Prozent der Kosten bezuschusst. Diesen Weg wird Hessen konsequent weitergehen: Das Ministerium plant, neue Programme aufzulegen und Bewährtes wie das PIUS-Fördersystem mit verbesserten Konditionen und höherem Budget fortzuführen.

Erfolgreich können neue Materialien, Technologien und Dienstleistungen in Hessen und darüber hinaus insbesondere dann sein, wenn sie auf breite Akzeptanz bei Politik und Bevölkerung bauen. Die Europäische Union gibt mit dem Green Deal ein Versprechen, in dessen Mittelpunkt der ökologische Übergang steht. Damit der Green Deal kein rein wirtschaftliches und technologisches Projekt bleibt, müssen Programme und Strategien die Wünsche und Erwartungen der Menschen mitdenken. Erst dann wird aus dem Green Deal ein gesellschaftliches Projekt, das über Generationen hinweg überzeugen kann.



Materialinnovationen für die Dekarbonisierung der Industrie

# Industrie nimmt Kurs auf Klimaschutz

Der 21. April 2021 war für den europäischen Klimaschutz ein wichtiger Tag: EU-Parlament und EU-Mitgliedsstaaten einigten sich erstmals auf ein verbindliches Klimagesetz. Ein solches Gesetz gilt als Herzstück des Green Deal; es verpflichtet die EU darauf, bis 2050 Klimaneutralität zu erreichen und ihre Netto-Treibhausgasemissionen bereits bis 2030 um mindestens 55 Prozent gegenüber 1990 zu senken. *Das Klimagesetz bringe die EU für kommende Generationen auf einen grünen Pfad*, betonte Kommissionspräsidentin **Ursula von der Leyen**.

Für klimaschonendes, dekarbonisiertes Wirtschaften braucht es aber nicht nur klare gesetzliche Ziele, sondern auch ambitioniert agierende Unternehmen.

## Ziele des Klimaschutzplans Hessen:

- Hessen will Klimaneutralität schneller als EU-27 erreichen (2045 statt 2050)
- Ambitionierte Zielsetzungen für das kommende Jahrzehnt: Einsparung von 55 % der Emissionen von 1990 bis 2030



-100%



-55%



-40%



-29%\*

\* Prognose Öko-Institut



Die Prozentangaben entsprechen den CO<sub>2</sub>-Einsparungen im Vergleich zu 1990



## Chemie sucht Wege für eine Defossilierung

Hessen hat eine starke Chemieindustrie, die durch den Green Deal gleich vor mehrere Herausforderungen gestellt wird. Chemische Prozesse benötigen in der Regel hohe Temperaturen und damit viel Energie. Gleichzeitig basieren zahlreiche chemische Verbindungen und Produkte auf Kohlenstoff. Dazu gehören Lösemittel und Grundchemikalien, vor allem aber Kunststoffe, die für Alltagsgegenstände, aber auch als Hochleistungspolymere beispielsweise für Elektrolyseure und Brennstoffzellen zum Einsatz kommen.

Die Chemie muss daher zwei wesentliche Säulen ihrer Wirtschaftsweise umgestalten: herkömmliche Energieträger für die thermischen Prozesse durch nicht-fossile Energien ersetzen und fossile Rohstoffe durch nachwachsende Ausgangsmaterialien.

**Evonik** hat sich das Ziel gesetzt, konzernweit im Jahr 2025 nur noch halb so viel Kohlendioxid zu emittieren wie 2008. Dieses Ziel umfasst den Betrieb der Standorte und die Emissionen durch den Einsatz von Energie. Im Jahr 2020 wurden laut **Oliver M. Busch**, Vice President Defossilisation bei Evonik, 44 Prozent davon erreicht. Entscheidend für international agierende Unternehmen wie Evonik sind im Klimaschutz weniger die prozessbedingten Emissionen vor Ort. Deutlich mehr Treibhausgase entstehen meist durch Herstellung und Verbrauch von Rohstoffen, Energie und Verpackung, außerdem durch Transport und Entsorgung der zahlreichen Produkte. „Daher muss die gesamte Wertschöpfungskette bilanziert und klimafreundlicher gestaltet werden,“ sagt Busch.

## Saubere Energie als Schlüsselfaktor

Ganz ähnliche Überlegungen gibt es bei **BASF** in Ludwigshafen. Der Chemiekonzern will bis 2030 seine Treibhausgasemissionen gegenüber 2018 um ein Viertel reduzieren. BASF fokussiert dabei auf die internen Energiekreisläufe, „da bei der Erzeugung von Strom und Dampf rund die Hälfte der gesamten Treibhausgase der BASF anfallen“, erläutert **Xenia Beyrich-Graf**, Senior Vice President Chemical Synthesis Research. Das Unternehmen setzt beispielsweise auf Wärmepumpen und Dampfkompressoren, um die Abwärme von Chemieanlagen zur Dampferzeugung zu nutzen. Zudem arbeitet BASF daran, über eine Methanpyrolyse CO<sub>2</sub>-freien Wasserstoff zu gewinnen, der wiederum Ausgangsstoff für wichtige Chemikalien wie Ammoniak ist.

Ambitioniert sind auch die Zielmarken, die sich **Schott** gesetzt hat. Der Spezialglashersteller will bis 2030 klimaneutral werden – eine echte Herausforderung für ein Unternehmen, das bei extrem hohen Temperaturen von bis zu 1.700 Grad Celsius Gläser erschmilzt und dafür große Mengen Energie verbraucht. „Wir wollen mit unseren Zielen in der Branche vorangehen, auch wenn wir heute noch nicht alle Lösungen kennen“, formuliert **Matthias Müller**, Executive Vice President Research & Development. Dafür nutzt Schott mehrere Möglichkeiten: Erhöhung der Energieeffizienz, Einsatz von regenerativem Strom in der Nachbearbeitung und Formgebung der Gläser und die Kompensation nicht vermeidbarer CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Förderung globaler Klimaschutzprojekte. Langfristig – also für die Zeit ab etwa 2035 – denkt das Unternehmen daran, das Glas in Elektrowannen zu erschmelzen und auf diese Weise Erdgas durch Ökostrom zu ersetzen.

## KMU: Viel Potenzial für Effizienz

Großes Einsparpotenzial für Treibhausgase und Rohstoffe schlummert nicht nur bei Konzernen, sondern vor allem bei kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). Daher fördert das hessische PIUS-Programm seit 2017 KMU bei der Umstellung auf umweltfreundliche und energiesparende Prozesse. Beratung, Planung und Umsetzung von Sparmaßnahmen werden mit bis zu 30 Prozent der Investitionssumme bezuschusst. Zudem können Maßnahmen über den Innovationskredit der Wirtschafts- und Infrastrukturbank Hessen (WIBank) kofinanziert werden. „Mittlerweile wurden im Rahmen des Programms über 30 Projekte mit insgesamt acht Millionen Euro gefördert“, resümiert **Felix Kaup** von **Hessen Trade & Invest**. Pro Jahr können laut Kaup dadurch 14.000 Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden.

## Wasserstoff macht in der Industrie Karriere

Die Dekarbonisierung rückt das Element Wasserstoff (H<sub>2</sub>) ins Rampenlicht – zum einen für die Stromerzeugung in Brennstoffzellen, zum anderen als Rohstoff in chemischen Synthesen. Beide Anwendungen erfordern H<sub>2</sub> mit hoher Reinheit. Als Experte für Industriegase hat **Linde** gemeinsam mit Partnern ein Verfahren entwickelt, das Wasserstoff von Erdgas sauber abtrennt, wenn beide Gase in einer gemeinsamen Pipeline transportiert werden. Das Gasgemisch strömt dabei durch Bündel aus feinen Polymerhohlfasern. „Die Poren der Membran lässt das kleine Wasserstoffmolekül passieren, alle anderen Moleküle dagegen nicht“, erläutert **Oliver Purrucker**, R&D Portfolio Manager bei Linde.

Der Transport von Wasserstoff erfordert besondere Werkstoffe. Untersuchungen am **Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (LBF)** in Darmstadt haben gezeigt, dass selbst robuste Stahlsorten anfällig sind. Insbesondere Schweißnähte, Gewinde und Fittings, ohne die kein Pipelinenetz auskommt, müssen daher auf ihre Eignung für den Wasserstofftransport getestet werden. Abhilfe schaffen könnte Polyamid-12, ein spezieller Kunststoff von Evonik, der als innere Beschichtung Stahlrohre vor einer Beschädigung schützt.

Großflächige Transport- und Verteilnetze für Wasserstoff benötigen neben dem richtigen Werkstoff auch Standards und Normen für Bau und Betrieb von Pipelines. „Bis 2030 brauchen wir in Europa rund 11.600 Kilometer, bis 2040 etwa 40.000 Kilometer, um genügend Wasserstoff transportieren zu können“, sagt **Marion Erdelen-Peppler**, Vorsitzende der **European Pipeline Research Group**,



einem Verband pipelineherstellender und -betreibender Unternehmen. Derzeit gibt es europaweit erst etwa 1.500 Kilometer Wasserstoffleitungen. Rund 70 Prozent der künftigen Wasserstoff-Pipelines sollen durch Konvertierung bestehender Fernleitungen entstehen. Auch hier agiert die Industrie unter Hochdruck: An Standards für die Umwidmung arbeiten derzeit mehrere Verbände und Organisationen, schon in Kürze sollen angepasste und neue Normen veröffentlicht werden.

### Green Deal im Portfolio:

Unternehmen aus Hessen entwickeln Werkstoffe und Prozesse für klimaverträgliche Energieversorgung.



Materialinnovationen für die Dekarbonisierung des Verkehrs

## Bitte wenden!

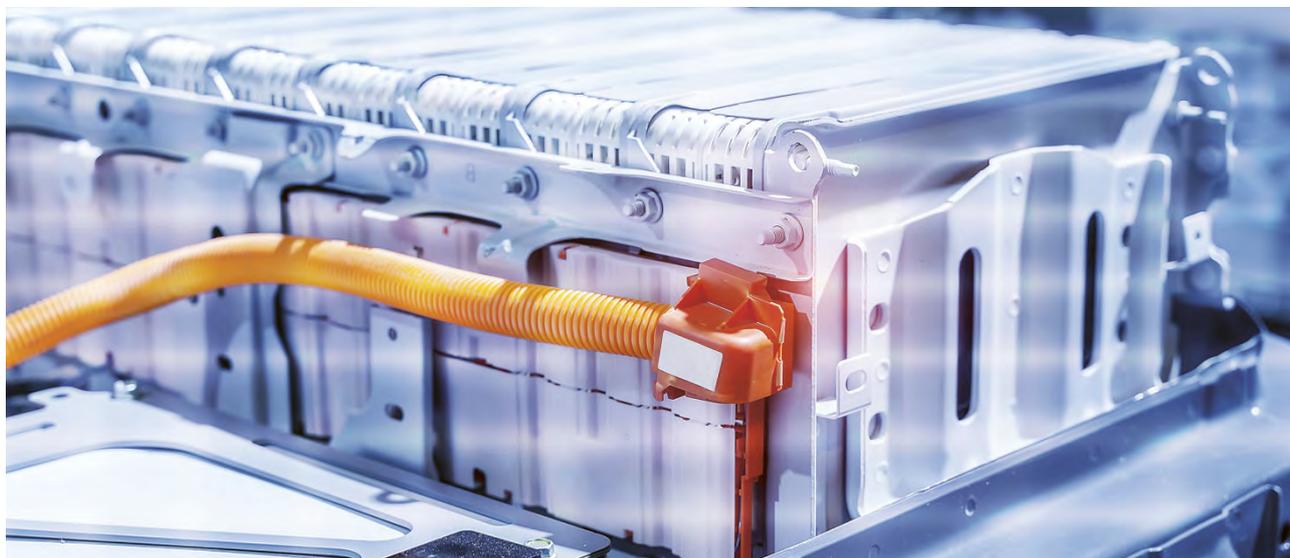
Der Verkehrssektor ist der Geisterfahrer im Klimaschutz. Sein Anteil an den deutschen Treibhausgasemissionen stieg zwischen 2010 und 2020 von 16,3 auf 19,7 Prozent. Die Entkopplung von Wachstum und Emissionen ist - im Gegensatz zu anderen Wirtschaftssektoren - bislang nicht gelungen. Umsteuern tut not: Für eine klimaverträgliche Mobilität braucht es neue Angebote und überzeugende Konzepte, vor allem aber auch innovative Materialien, beispielsweise für leistungsstarke Batterien, dekarbonisierte Kraftstoffe und die Nutzung von grünem Wasserstoff.

An Ideen und Aktivitäten mangelt es nicht. Hessische Forschungsinstitutionen und Unternehmen arbeiten beispielsweise intensiv daran, Energiedichte, Leistung und Lebensdauer von Lithiumionen-Batterien für die Elektromobilität zu steigern.

### Neue Power für Batterien

Der global agierende Technologiekonzern **Umicore** forscht vor allem an innovativen Kathodenmaterialien. „Wir produzieren jährlich das Kathodenmaterial für mehr als eine Million Elektrofahrzeuge“, erklärt Applied Technology Manager **Paul Spurk**. Eines der Entwicklungsziele bei Umicore ist es, den Anteil an Kobalt deutlich zu reduzieren. Kobalt gilt als „kritischer“ Rohstoff - seine Reserven sind begrenzt, und es wird zu einem erheblichen Anteil im politisch instabilen Kongo gefördert.

Auch die **AKASOL** aus Darmstadt arbeitet an einer verbesserten Chemie in den Zellen. Das Unternehmen ist ein führender Hersteller von Hochleistungs-Lithiumionen-Batteriemodulen für Busse, Bahnen und Nutzfahrzeuge. Der Schlüssel zum Erfolg ist laut AKASOL vor allem die gezielte Anpassung der Module an die Anforderungen im Feld, die bei Nutzfahrzeugen und Bahnen besonders hoch sind. 2020 ging im hessischen Langen eine zweite Gigafactory in Betrieb, die die Produktionskapazität verdoppelt.





Eine Weiterentwicklung der bisherigen Lithiumionen-Batterien sind Festkörperbatterien (SSB). Dieser Batterietyp kommt ohne brennbare flüssige Elektrolyte aus und verspricht gegenüber heute gängigen Akkus höhere Energiedichten und mehr Sicherheit. An der **Universität Gießen** leitet **Professor Jürgen Janek** den Kompetenzcluster „FestBatt“ des Bundesforschungsministeriums, in dem derzeit unterschiedliche Werkstoffe für SSB untersucht werden, darunter Polymere, Oxide und Thiophosphate. „Die Fortschritte bei Elektrolyten und Elektroden sind enorm“, sagt Janek. Zugleich aber gibt es noch offene Fragen zur Mechanik und Energieumwandlung von SSB.

Für Leistung und Lebensdauer von Batterien sind die Vorgänge an Grenzschichten ganz entscheidend. Hier kommt die Expertise von **Evonik** ins Spiel. Das Spezialchemie-Unternehmen mit einem Entwicklungsstandort in Hanau hat viel Erfahrung mit mikro- und nanostrukturierter Coatings. Durch Trockenbeschichtung von Kathodenaktivmaterialien können so unerwünschte Grenzflächenprozesse – beispielsweise zwischen Kathode und Elektrolyt – unterdrückt werden. Die Lebensdauer der Zelle steigt dadurch deutlich. Ein speziell von Evonik entwickeltes Additiv vernetzt gezielt Separator und Elektrolyt. Die so verbesserte Haftung erhöht ebenfalls die Performance der Zellen.

## Brennstoffzelle für Schwergewichte

Wird die dekarbonisierte Mobilität der Zukunft überhaupt von Batterien angetrieben? Oder auch durch Wasserstoff und Brennstoffzelle? Viele gehen davon aus, dass sich im PKW-Massenmarkt die Batterie durchsetzen wird, bei LKW, Bussen und Bahnen hingegen eher die Brennstoffzelle (BZ). Treibstoff für die BZ-Technologie ist Wasserstoff, der – regenerativ erzeugt – nicht nur als klimaverträgliche Energiequelle, sondern auch als Ausgangsmaterial für „grüne“ synthetische Kraftstoffe dienen kann.

Herstellung, Speicherung und Nutzung von Wasserstoff benötigen allerdings leistungsfähige Materialien. An der **TU Darmstadt** arbeiten **Professor Jan Philipp Hofmann** und **Professor Bastian J. M. Etzold** an Testmethoden, die realitätsnah die chemischen Prozesse und Aktivitäten von Elektrokatalysatoren für Elektrolyse und Brennstoffzelle untersuchen und optimieren.

Auch das Unternehmen Heraeus aus Hanau ist ein Katalysatorspezialist. Heraeus hat Katalysatoren für die PEM-Elektrolyse entwickelt, die deutlich weniger Iridium enthalten. Das spart Kosten, was die Produktion von regenerativ erzeugtem Wasserstoff in industriellem Maßstab erschwinglich macht. „Zudem reicht das weltweite Angebot an Iridium schlicht nicht aus, um mit herkömmlichen Katalysatoren die Wasserstoff-Ziele der EU-Kommission zu erreichen“, betont **Christian Gebauer**, Leiter Hydrogen Systems bei **Heraeus Precious Metals**. Heraeus kooperiert unter anderem mit der Hanauer **Greenery**, die katalysatorbeschichtete Membranen und Membran-Elektroden-einheiten (MEA) für Brennstoffzellen herstellt.





### Innovationen auf die Straße gebracht

Neue Entwicklungen sind nur dann nachhaltig, wenn sie sich auf der Straße oder Schiene auch bewähren. „Wir brauchen bis 2030 vor allem Innovationen für den Güterverkehr“, sagt **Professor Rüdiger Heim**, Leiter im Projektbereich Systemzuverlässigkeit des **Fraunhofer LBF** in Darmstadt. Sein Team beschäftigt sich mit kleineren Nutzfahrzeugen, die insbesondere im rasant wachsenden Verteilerverkehr eingesetzt werden. Auf deren Fahrprofil abgestimmt hat das LBF einen Antriebsstrang entwickelt aus kompaktem Generator und einem kleinen Lithiumionen-Akku, der die Bremsenergie speichert.

Im öffentlichen Nahverkehr ist der **Rhein-Main-Verkehrsverbund (RMV)** impulsgebend beim Einsatz von dekarbonisierten Antrieben. So will der RMV ab Ende 2022 insgesamt 27 Brennstoffzellenzüge im Regionalverkehr einsetzen, auch erste BZ-Busse sind bestellt. Die BZ-Züge werden im Industriepark Höchst mit Wasserstoff betankt und sollen jährlich rund 2,5 Millionen Kilometer zurücklegen. Gefördert wird das Projekt unter anderem durch das Land Hessen. Bereits seit 2021 betreibt der RMV gemeinsam mit anderen Gebietskörperschaften regionalübergreifend 150 emissions- und barrierefreie Fahrzeuge, die als „on demand“-Zubringer zum ÖPNV dienen. „Bremsend wirkt weniger die Entwicklung alternativer Antriebe als vielmehr die recht langsame Elektrifizierung der Schienennetze“, betont **Kai Daubertshäuser**, Leiter des Infrastrukturmanagements beim RMV.

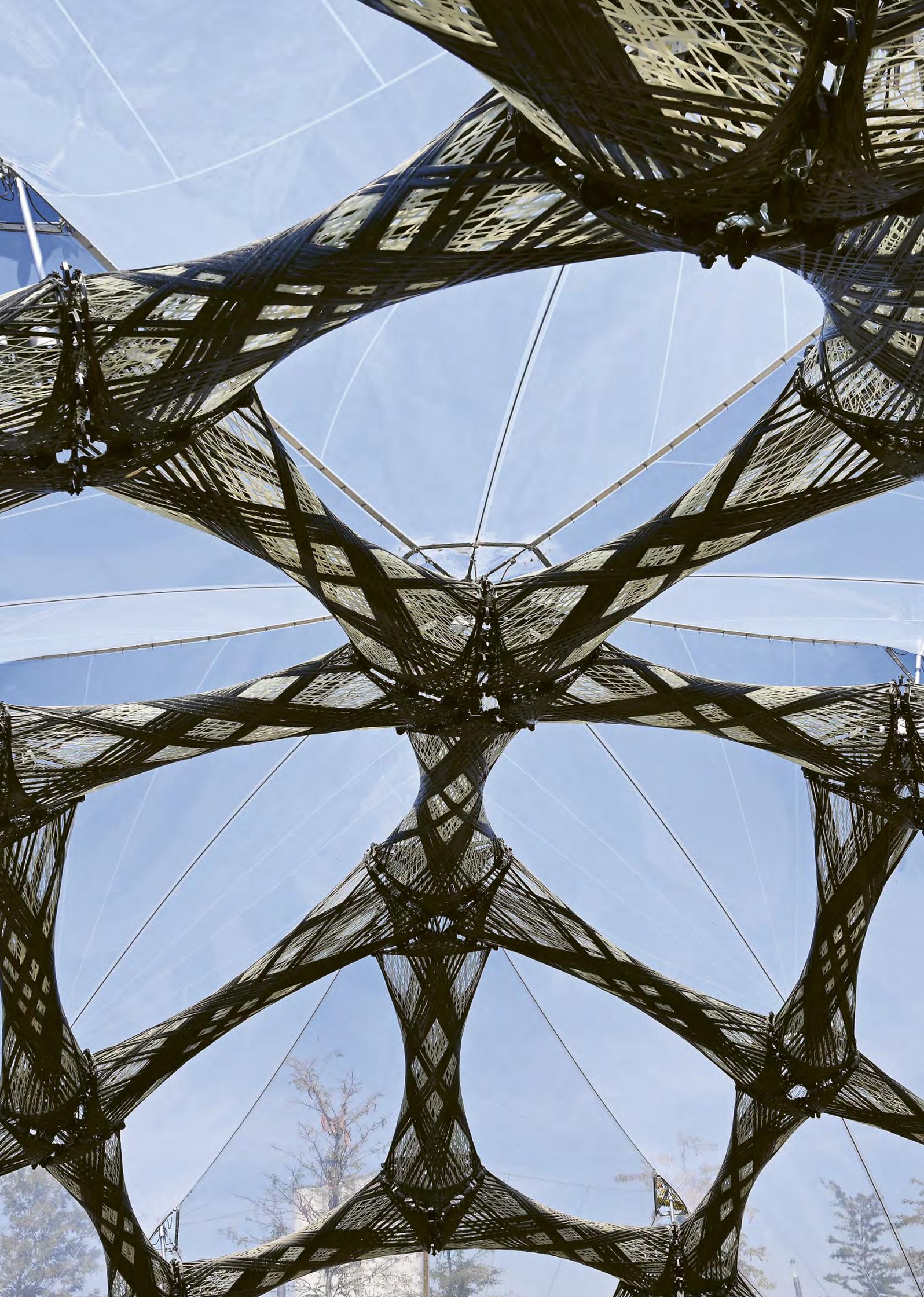
### Recycling mitdenken!

Das Bild vom nachhaltigen Verkehrssektor wird erst durch geschlossene Stoffkreisläufe und hochwertiges Recycling von Fahrzeugen und Bauteilen vollständig. Bei Umicore werden beispielsweise Metalle aus gebrauchten E-Batterien durch pyrometallurgische und hydrometallurgische Prozesse zurückgewonnen. Heraeus Precious Metals recycelt einen Großteil des Iridiums für seine Katalysatoren aus Altprodukten.



Auch bei der Fraunhofer-Einrichtung für Werkstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie, der **Fraunhofer IWKS** in Hanau, denkt man in Kreisläufen. „Wenn wir von Beginn an wissen, welche Materialien mit welchen Eigenschaften wo verbaut sind, können wir künftig viel mehr Primärrohstoffe durch Rezyklate ersetzen“, ist **Professor Anke Weidenkaff**, Leiterin des IWKS, überzeugt. Ihr Team entwickelt dafür sogenannte digitale Zwillinge: Werkstoffe werden schon bei der Entwicklung analysiert und detailliert beschrieben. Dadurch können beispielsweise recyclinghemmende Komponenten und Prozessschritte frühzeitig erkannt, reduziert oder substituiert werden.

**Umsteuern für den Klimaschutz:  
Innovative Lösungen aus Hessen  
ermöglichen leistungsfähige Batterien  
und neue Antriebe.**



Materialinnovationen für Leichtbaulösungen

# Aus Luft gebaut

Die Vorteile von Leichtbau wiegen schwer: Bauteile und Produkte erhalten eine erhöhte Dynamik mit deutlich verringerten Massenkräften, Leichtbau spart Energie und Rohstoffe, erleichtert Transport und Handhabung selbst größter Teile. Nicht zuletzt schafft Leichtbau Raum für mechatronische Komponenten, die smarte, hochfunktionale Maschinen und Fahrzeuge erst möglich machen. Dennoch: „Leichtbau ist noch lange nicht gelöst, noch lange kein Standard“, konstatiert **Professor Tobias Melz**, Vorstandsvorsitzender bei **Materials Valley e.V.**

Die Entwicklung besonders materialsparender Werkstoffe und Bauteile war lange Zeit vor allem Spielwiese für experimentierfreudige Konstruktionsansätze. In Zeiten von Klimaschutz, Ressourcenschonung und umfassender Digitalisierung ändert sich das. „Leichtbau ist heute eine *Game-Changer-Technologie*“, betont **Werner Loscheider**, Leiter des Referats Neue Werkstoffe im **Bundeswirtschaftsministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)**.

Das zeigt die lange Liste bundesweiter Initiativen, Strategien und Programme des BMWK. Beispielsweise wurde Anfang 2021 eine „Leichtbaustrategie für den Industriestandort Deutschland“ veröffentlicht, für die unterschiedliche Branchen ihr Fachwissen eingebracht haben. Das Ministerium sieht zudem viel Potenzial in der internationalen Vernetzung. Daher hat es ein europäisches Netzwerk ins Leben gerufen und will über sein Markterschließungsprogramm insbesondere KMU den Weg in ausländische Märkte erleichtern.





### Mobilität leicht gemacht

Mobilität ist ein besonders weites Feld für gewichtssparende Konstruktionen. „In vielen Bereichen müssen wir das Fahrzeug neu denken, um die Potenziale von Leichtbau zu nutzen und um zugleich als Hochlohnland wettbewerbsfähig zu bleiben“, sagt **Martin Hillebrecht**, Senior-Experte Innovation bei der **EDAG Engineering Group** in Fulda. Das gilt nicht nur für die Karosserie, sondern auch für Antriebe. Mit Förderung durch das Land Hessen hat EDAG gemeinsam mit Partnern ein Modul gebaut, in dem sich sowohl ein Wasserstofftank als auch eine Batterie unterbringen lassen. Für kleinere Nutzfahrzeuge eignen sich sogenannte variantenreiche Fahrzeugbodengruppen. Dadurch können unterschiedliche Antriebskonzepte kostensparend integriert und gefertigt werden.

Luftig zu bauen, das geht am besten mit Additiver Fertigung. „Allerdings ist sie in der Regel noch zu langsam und deutlich zu teuer“, konstatiert **Professor Christian Mittelstedt**, Leiter des Fachgebiets Konstruktiver Leichtbau und Bauweisen (KLuB) an der **TU Darmstadt**. Mittelstedt und sein Team setzen daher auf sogenannte Topologieoptimierung. Das Konzept: Bei einem Bauteil wird das Material an denjenigen Stellen entfernt, an denen es den geringsten Beitrag zur Funktionalität leistet. Übrig bleibt ein filigranes Fachwerk (Lattice), dessen Aussehen und Dimension durch die Lastpfade definiert wird. Lattice-Strukturen können die Kosten der Additiven Fertigung spürbar senken. Um wichtige Fragen zu Statik und Betriebsfestigkeit zu klären, entwickelt die TU Probekörper für die technische Prüfung solcher Gitterstrukturen.



### Funktion mit eingebaut

Werden Teile aus Metall additiv gefertigt, geht das fast immer nur mit kompakten Stützstrukturen, die nach der Fertigung entfernt werden müssen – das kostet Zeit und Material. Durch neue Softwarekonzepte mit angepassten Parametern können die Stützen verkleinert oder gar überflüssig werden.

Leichtbau spielt seine Stärken besonders dann aus, wenn elektronische Elemente und damit wichtige Funktionen quasi in den Werkstoff integriert werden. Die **Invent** in Braunschweig entwickelt insbesondere für die Luftfahrt smarte Halbzeuge. In den vorgefertigten Werkstücken werden Wandler, Sensoren, Antennen oder Heizelemente direkt in Faserverbund-Werkstoffe eingebracht oder aufgedruckt. Damit entstehen Bauteile, die zum Beispiel Schwingungen während des Flugbetriebs kontrollieren, vor Eisbildung schützen oder die Korrosion der stark belasteten Türumgebung eines Flugzeugs überwachen.

## Leicht. Leichter. Ultraleichtbau.

Integrierte Intelligenz ist auch ein Merkmal des Ultraleichtbaus, der die Grenzbereiche des physikalisch Möglichen auslotet. Ziel von Ultraleichtbau-Konstruktionen ist eine maximale Materialersparnis, ohne dass die Sicherheit des Bauteils Schaden nimmt. Dafür werden beispielsweise Aktoren in den Werkstoff integriert, die Verformungen durch dynamische und statische Lasten aktiv ausgleichen.

„Ultraleichtbau eröffnet bisher ungeahnte Entwicklungsmöglichkeiten“, ist **Saskia Biehl**, Leiterin der Abteilung Ultraleichtbau am **Fraunhofer LBF** in Darmstadt, überzeugt. Mehrere Fraunhofer-Institute haben gemeinsam unbemannte Drohnen in Skelettbauweise mit Plug-in-Bordelektronik und -Umfeldsensorik entwickelt, die bis zu 200 Kilogramm Ladung transportieren können. In einem anderen Projekt gelang es, ein herkömmliches Lastenfahrzeug so umzukonstruieren, dass es 40 Prozent leichter ist; sensorische Verbindungselemente überwachen während der Fahrt die sichere Lagerung der Ladung.

## Blick auf den gesamten Lebenszyklus

Leichtbau ist allerdings nicht per se ein Klimaschützer. „Er ist nur dann ein potenter Hebel für Nachhaltigkeit, wenn wir den kompletten Lebenszyklus betrachten“, betont **Ursula Eul**, Geschäftsführerin des **Fraunhofer-Verbund MATERIALS**. Aluminium beispielsweise ist zwar ein Leichtmetall, seine primäre Herstellung aus Bauxit allerdings verbraucht viel Strom und erzeugt meist hohe Treibhausgasemissionen. Daher sind resiliente Materialien und Fertigungsverfahren mit hoher Toleranz gegenüber Verunreinigungen ganz entscheidend. Nur dann öffnet sich der Leichtbau für Sekundärrohstoffe, beispielsweise aus dem Aluminium- und Stahlrecycling.

Einer der wenigen quasi von Natur aus resilienten Werkstoffe ist Holz. Allerdings sind Holzwerkstoffe in aller Regel Schwergewichte. An der **Technischen Hochschule Ostwestfalen-Lippe** in Lemgo gelang einem Team um **Professor Martin Stosch** die Entwicklung einer 16 Millimeter dünnen Leichtspanplatte. Das „Particle grid board“ ist extrem luftig, weil es aus zwei spiegelgleichen, gepressten Halbschalen besteht.



## Leichtbau über alle Disziplinen

Der Game-Changer Leichtbau steht noch vor einer weiteren Herausforderung: Er erfordert interdisziplinäre Kompetenz. Beispielsweise klappt die Entwicklung adaptiver, intelligenter Materialien für interaktive Oberflächen nur durch Zusammenspiel von Werkstofftechnik und Elektronik. Konstruktion und Akustik müssen dort kooperieren, wo es z.B. um die Schallabsorption bei Fahrzeugen oder Anlagen ohne dicke Dämmschichten geht.

Außerdem: Manch Potenzial liegt brach, weil Leichtbau im Topmanagement vieler Unternehmen noch nicht als oberste Priorität gilt. Mittelfristig bleibt allerdings gar keine Wahl, denn Klima- und Effizienzziele sind ohne smarte und ressourcensparende Produkte nicht zu erreichen. „Leichtbau zeigt uns, dass nichts selbstverständlich ist“, resümiert **Melz** von **Materials Valley e.V.** und **Fraunhofer LBF**. Wenn Forschung und Unternehmen offen sind, Werkstoffe und Konstruktionen neu zu denken, kann Deutschland beim Leichtbau ein Schwergewicht werden.

**Leichtbau ist ein Türöffner für Effizienz und Ressourcenschonung. Forschung und Industrie aus Hessen erarbeiten smarte Lösungen, die Material sparen und Funktionen integrieren.**



Dekarbonisierung der Strom- und Wärmeerzeugung

# Booster für Hessens Energiewende

Bei Strom und Wärme klafft eine große Lücke zwischen dem, was möglich ist, und der realen Energiewelt. Beim Primärenergieverbrauch dominieren nach wie vor Öl und Gas, da macht Hessen keine Ausnahme. „Seit etwa zehn Jahren steigt der Gesamtanteil der regenerativen Energien im Land nur langsam, da haben wir noch einen weiten Weg vor uns“, resümiert **Uwe van den Busch**, Projektmanager Energiemonitoring bei der **HA Hessen Agentur**. Spezifisch für Hessen: Der Flughafen Frankfurt steht für etwa 25 Prozent des gesamten Endenergieverbrauchs im Land. Selbst im Corona-Jahr 2020 mit einem deutlich eingeschränkten Flugbetrieb lag sein Anteil noch bei rund 15 Prozent.

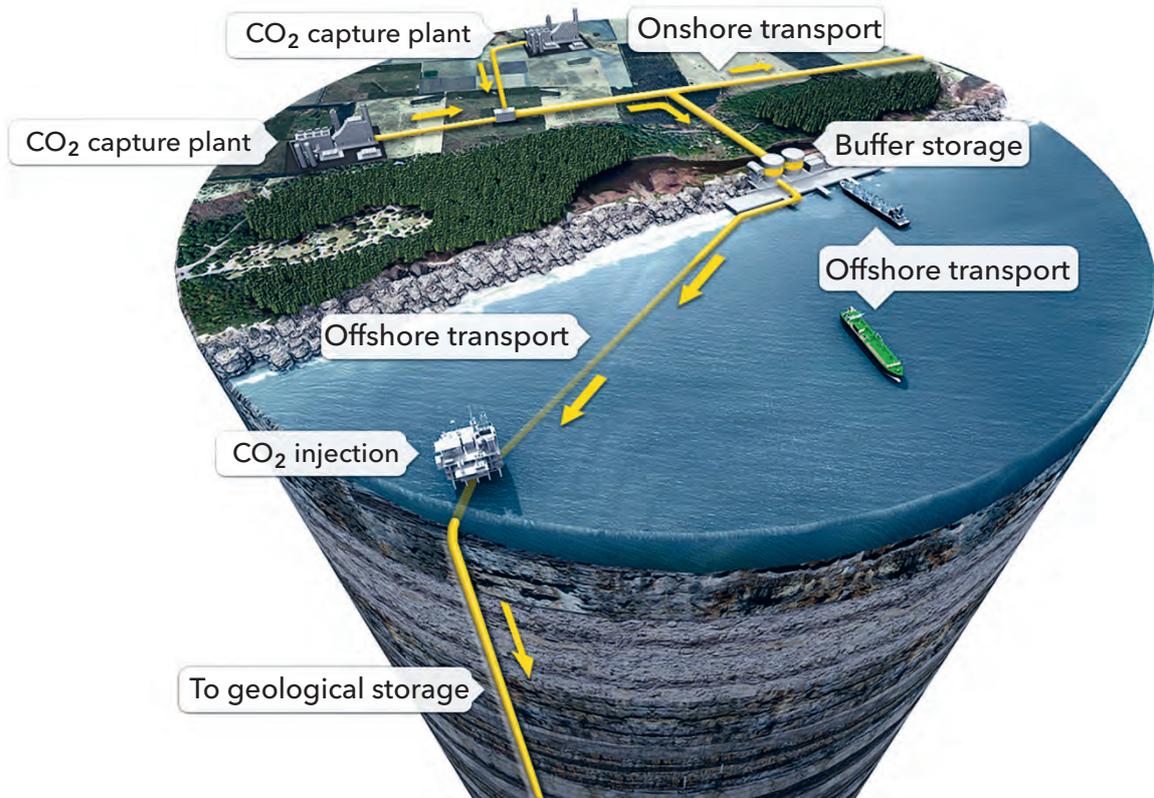
Frankfurt ist nicht nur Standort des größten Flughafens Deutschlands, sondern auch für DE-CIX, den weltweit größten Internetknoten. Durch mehr Homeoffice, die Digitalisierung der industriellen Fertigung und autonome Fahrzeuge wird der Energiebedarf von Servern und Rechenzentren weiter rasant ansteigen. Damit wächst auch deren Abwärme – rein rechnerisch könnte im Jahr 2030 der Wärmebedarf aller Frankfurter Haushalte und Büros durch Abwärme aus den Rechenzentren der Stadt gedeckt werden.



## Heizen mit Abwärme aus Rechenzentrum

Im Frankfurter Bauquartier Westville wird dieses Potenzial erstmals in großem Maßstab in Hessen angezapft. Die hier geplanten 1.300 Wohnungen sollen ab 2023 zumindest teilweise mit Abwärme eines benachbarten Rechenzentrums geheizt werden. „Im Endausbau stammen mindestens 60 Prozent der Wärme aus dem Rechenzentrum“, prognostiziert **Kolja Franssen**, Projektleiter beim Frankfurter Energieversorger **Mainova**. Ein neues Nahwärmenetz deckt die Grundlast, die bestehende Fernwärmeversorgung die Spitzenlast.

Die zwei wesentlichen Säulen der Dekarbonisierung des Energiesektors sind und bleiben Wind und Photovoltaik. Bei Windkraftanlagen gilt: big is beautiful. Die mögliche Nabenhöhe hat längst die Spitzen des Kölner Doms erreicht, Rotorblätter können über 100 Meter lang sein. Um Material- und Belastungsschäden von Rotorblättern frühzeitig zu entdecken, testet die Nachwuchsgruppe von **Jochen Moll** am Physikalischen Institut der **Goethe-Universität Frankfurt** Millimeterwellen-Radarsysteme. Die Radarsensoren werden am Turm angebracht und arbeiten ähnlich wie Bodyscanner am Flughafen. Sie überwachen die Rotoren kontinuierlich und vollautomatisiert und erkennen beispielsweise Bruchschäden oder Delaminationen.



## Wege für Carbon Capture

Um die Klimaziele zu erreichen, muss das bei der Verbrennung entstehende Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) zum Großteil aufgefangen werden. An unterschiedlichen Technologien für dieses Carbon Capture arbeitet das Team um **Professor Bernd Epple**, Leiter des **Instituts für Energiesysteme und Energietechnik (EST)** an der **TU Darmstadt**. Vielversprechend ist laut Epple insbesondere das Carbonate Looping. Hierbei wird das CO<sub>2</sub> im Abgas mit Branntkalk in Carbonat umgesetzt, im zweiten Schritt bei 900 Grad Celsius im Kalzinator wieder freigesetzt und danach abgeschieden. Der Prozess wurde im EST erfolgreich in einer Pilotanlage getestet und eignet sich zur Nachrüstung von Kraftwerken, Zementwerken oder Müllverbrennungsanlagen. Mit einem Preis von 22 bis 27 Euro pro abgeschiedener Tonne CO<sub>2</sub> ist das Verfahren zudem wirtschaftlich, betont Epple, denn der Zertifikatspreis im Rahmen des europäischen Emissionshandels liegt an der Börse um ein Vielfaches höher.

Auch eine Energiewende braucht Eisen, Stahl und Zement - für Anlagen zur Erzeugung von grünem Strom und regenerativer Wärme, für Transport- und Verteilernetze. Der Energiesektor kann daher ohne Verfahren zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Endlagerung (CCS) nur schwer klimaneutral werden.

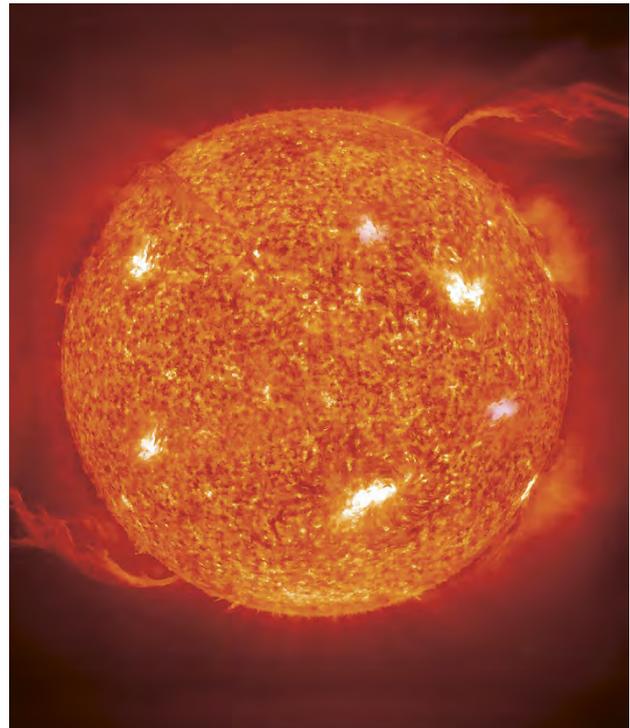
„Gegen eine Tiefenspeicherung von Kohlendioxid spricht aus technischer Sicht wenig“, betont **Professor Hans-Joachim Kümpel** von der **Deutschen Akademie der Technikwissenschaften e.V. (acatech)**. In der Nordsee gibt es laut acatech ausreichend viele und ausreichend große potenzielle Speicher, um die gesamte CO<sub>2</sub>-Menge, die in der deutschen Industrie in den nächsten Jahrzehnten anfallen wird, endzulagern. Wird der für Transport, Verdichtung und Verpressung des CO<sub>2</sub> notwendige Strom aus regenerativen Quellen gewonnen, kann CCS zudem klimaverträglich gestaltet werden.

## Über das Vertraute hinausdenken

Möglicherweise müssen für eine zügige Energiewende auch Technologien, gegen die sich in der Vergangenheit Widerstände manifestiert haben, neu bewertet werden. Eine davon ist die Tiefen-Geothermie. Im Rahmen eines Verbundforschungsprojekts werden auf dem Campus Lichtwiese der TU Darmstadt seit Februar 2022 Bohrungen bis in eine Tiefe von 750 Meter eingebracht. Das Projekt soll den Beleg liefern, dass Abwärme und regenerative Wärme wirtschaftlich im mitteltiefen Untergrund gespeichert werden können. Im Schlussausbau sind 39 Bohrungen vorgesehen, die rein rechnerisch den Wärmebedarf des gesamten Campus decken.

Und was ist mit Atomkraft? „Neuartige Reaktorkonzepte können die Klimavorteile der Atomkraft nutzen und zugleich ihre Risiken weitgehend vermeiden“, ist **Björn Peters**, Kaufmännischer Geschäftsführer der **Dual Fluid** und Inhaber eines Beratungsinstituts in Kelkheim, überzeugt. Eines dieser Konzepte ist das Dual-Fluid-Kraftwerk. Es arbeitet mit flüssigem Kernbrennstoff und einem vom Brennstoffkreislauf abgekoppelten Wärmekreislauf, in dem flüssiges Blei die im Reaktor erzeugte Energie ableitet. Das Dual-Fluid-Prinzip steigert die Leistungsdichte und ermöglicht den Einsatz unterschiedlicher flüssiger Brennstoffe, darunter auch von nuklearen Abfällen, so Peters. Beim Ausfall der Kühlsysteme werden die Spaltprozesse automatisch innerhalb von Sekunden abgebrochen.

Nicht auf Kernspaltung, sondern auf Kernfusion setzt dagegen **Professor Markus Roth**, Plasmaphysiker an der **TU Darmstadt**. Er und sein Team haben einen Prozess entwickelt, der die Zündung des Kernbrennstoffs für die Fusion einfacher macht. Bei dieser „Fast Ignition“ wird der Wasserstoff, der beim Verschmelzen seiner Atomkerne große Mengen Energie freisetzt, in zwei Stufen mit unterschiedlichen Hochleistungslasern extrem komprimiert und gezündet. „Dadurch kann mit deutlich geringerem Energieeintrag eine selbsterhaltende Brennweite in Gang gesetzt werden“, sagt Roth. Unter dem Dach des kürzlich gegründeten Start-up-Unternehmens **Focused Energy** soll innerhalb der kommenden vier Jahre in Hessen eine erste Testeinrichtung in Betrieb gehen, die den Prozess auf seine Tauglichkeit prüft.



Ansätze, die über das Vertraute hinausgehen, sind nicht nur auf technische Machbarkeit angewiesen, sondern auch auf Akzeptanz bei Politik und Bevölkerung. „Oft werden aus schlechten Erfahrungen aus Einzelprojekten Vorbehalte gegenüber der gesamten Technologie“, sagt **Sandro Szabó**, Projektleiter Materialtechnologien beim **Technologieland Hessen**. Gerade für die Dekarbonisierung der Strom- und Wärmeherzeugung ist daher eine breite Akzeptanz nicht nur in der Politik, sondern auch in der Bevölkerung wichtig.

**Wind, Solar, Atomkraft, Fusion: Die Dekarbonisierung von Strom und Wärme erfordert Lösungen, die auch über das Vertraute hinausgehen.**



Materialinnovationen für leistungsfähige Energienetze der Zukunft

# Energie perfekt vernetzt

Bei der Energiewende ist sicher, dass nichts bleibt, wie es war. Fahrzeuge tanken künftig grünen Strom oder Wasserstoff, Kohle wird von erneuerbaren Energieträgern abgelöst, ganze Branchen wollen künftig mit Wasserstoff ihre Produkte erzeugen, Wärme liefern in Zukunft dekarbonisierte Brennstoffe.

Das alles geht nicht ohne Netze. Sie verbinden die anbietenden und abnehmenden Beteiligten sowie die Fernleitungen mit Verteilnetzen. Sie schaffen Verbindung zwischen Strom und Wärme, zwischen gasförmigen und flüssigen Energieträgern. Netze lenken Überschüsse in Speicher und bringen Energie zu jeder Zeit dorthin, wo sie gerade gebraucht wird - und das künftig am besten smart, digitalisiert, über Sektoren- und sogar Ländergrenzen hinweg.

## Smarte Netze: eine Mammutaufgabe

Heutige Netze stammen aus dem fossilen Zeitalter und sind für den Wandel nur bedingt tauglich. Für die Energiewende müssen die Netze intelligent und kommunikativ werden. Sie brauchen Kopplungsstellen, um wie auf einem Verschiebebahnhof die Energie für ganz unterschiedliche Sektoren - Fahrzeuge, Haushalte, Industrieanlagen - verlässlich liefern zu können. „Aus den bisher strikt getrennten Netzen für Strom, Wärme, Kraftstoffe und Gas wird ein multimodales System entstehen“, betont Professor Peter Birkner, Geschäftsführer des House of Energy e.V., einem hessischen Innovationscluster, das sich mit den zentralen Fragen der Energiewende beschäftigt.

Eine der größten Herausforderungen: Strom muss künftig innerhalb Deutschlands, aber auch über die Grenzen hinweg über weite Strecken transportiert werden. Wie gelingt der Transport verlustfrei über die sogenannten Stromautobahnen, und welche neuen Übertragungstechniken und Speicher sind notwendig? Hier ist insbesondere die Materialforschung gefragt: Große, überlagernde Netze brauchen besonders effiziente Halbleiter, leichte Werkstoffe, langzeitstabile Gleichstromkabel, womöglich gasisolierte Leitungen und Schaltanlagen oder verlustfrei leitende Komponenten aus innovativen Supraleitern.





## Nordsee als Powerhouse

An zukunftsfähigen Netzen knüpft beispielsweise der niederländische Netzbetreiber **TenneT TSO**. Bis 2030 will das Unternehmen die Anbindung von deutschen Offshore-Windparks auf mindestens 30 GW vervierfachen. Dafür wird die Übertragungsspannung auf 525 kV erhöht, das steigert die Effizienz und minimiert die Zahl der notwendigen Kabel im naturgeschützten Wattenmeer. Ein Gleichstromnetz auf See soll europäische Windparks miteinander verbinden, was die Versorgung sicherer und Lastflüsse flexibel macht. „Die Nordsee wird so zum neuen Powerhouse in Europa“, ist **Tim Meyerjürgens**, Chief Operations Officer bei TenneT, überzeugt.

Gemeinsam mit dem Netzbetreiber **50Hertz Transmission** geht TenneT noch einen wichtigen Schritt weiter. Im Raum Heide in Schleswig-Holstein soll ein erstes Stromdrehkreuz entstehen. Eine neuartige Gleichstrom-Schaltanlage wird zwei 2-GW-Offshoreleitungen mit einer Gleichstromverbindung an Land verknüpfen. Ein Konverter wandelt den Gleichstrom in Wechselstrom um, mit dem verschiedene industrielle Bedarfe der Region gedeckt werden.

## Neues Gas in alten Leitungen

Eine Netz-Wende braucht es nicht nur für Strom, sondern auch für Gase. Wobei hier der Wandel weniger radikal ist: Die meisten Erdgasleitungen lassen sich auf den Transport von Wasserstoff oder Biogas umstellen. „Das bestehende Gasnetz wird also auch weiterhin benötigt“, betont **Karsten Frese**, Strategieentwickler bei der **Open Grid Europe**, die in Deutschland rund 12.000 Kilometer Fernleitungen betreibt.

Künftig, so Frese, ist der Transport von Gasgemischen vorgesehen, die je nach den Anforderungen der Kundschaft mehr oder weniger Wasserstoff enthalten. Im Rahmen des Verbundprojektes GET H2 sollen bis 2024 die ersten 30 Kilometer Gasnetz auf Wasserstoff umgerüstet werden, 2030 könnten es bereits 5.100 Kilometer sein. Gasfernleitungen sind nicht zuletzt unverzichtbar für den Transport von CO<sub>2</sub>, das künftig aus Abgasen filtriert und zu geologischen Speichern oder für eine chemische Nutzung zu Industrieanlagen transportiert werden muss.

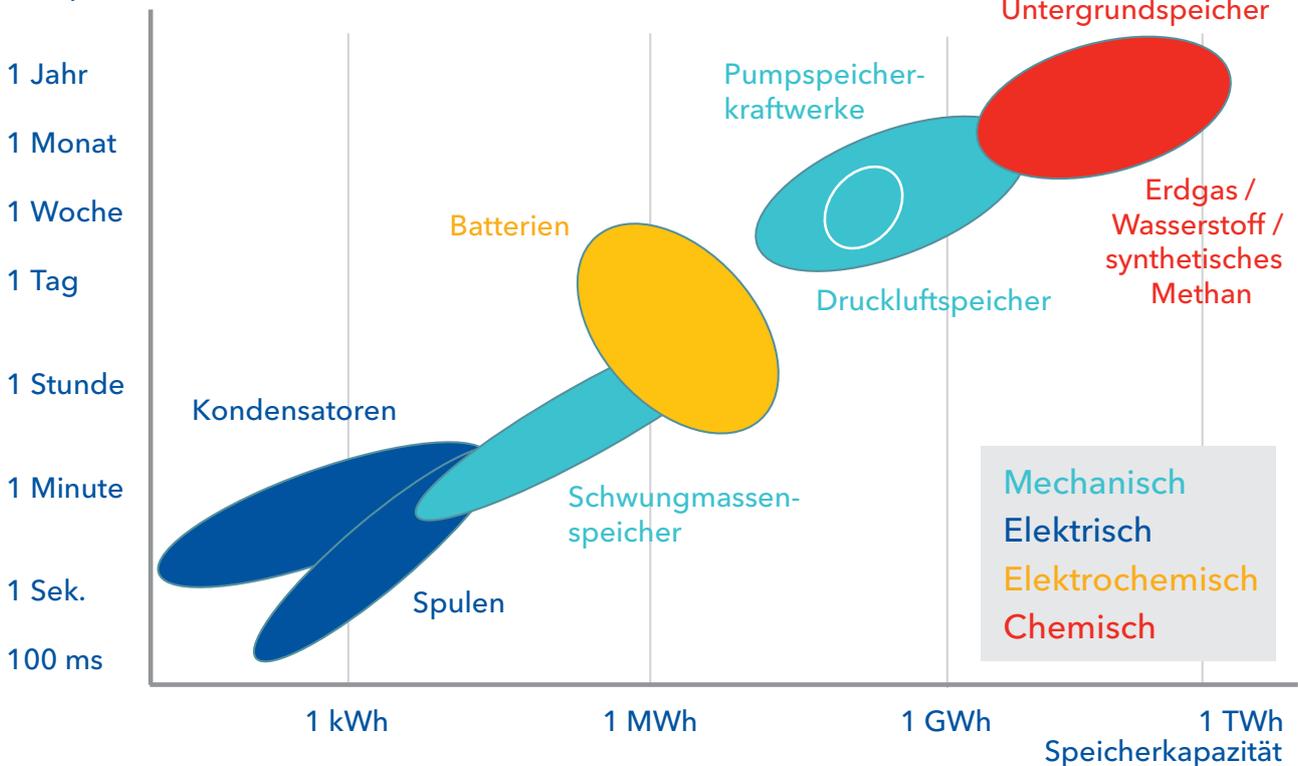
## Speicher schaffen Flexibilität

Wichtige Bausteine in einem Wasserstoffnetz sind Großspeicher, die eine Versorgung zu jeder Zeit sicherstellen. Platz dafür hat Deutschland im Prinzip genug: Die deutschen Gasspeicher fassen 24 Prozent des gesamten Speichervolumens der EU. „Für Wasserstoff kommen insbesondere große Kavernenspeicher infrage“, sagt **Rainer Vogt**, Geschäftsführer der **MET Speicher** in Frankfurt. Die MET Speicher ist unter anderem Eigentümerin des Kavernenspeichers im hessischen Reckrod im Landkreis Fulda.

Die Umrüstung der unterirdischen Kavernen ist für eine Wasserstoffwirtschaft mindestens so wichtig wie die Umrüstung von Fernleitungen. Bis 2050 wird eine H<sub>2</sub>-Anschlussleistung für die deutsche Industrie von 111 Gigawatt prognostiziert. Davon kann aus heutiger Sicht nur der kleinere Teil durch Erzeugung und Import von H<sub>2</sub> gedeckt werden, 69 Gigawatt werden ehemalige Erdgaskavernen liefern, betont Vogt. Der MET-Kavernenspeicher Reckrod könnte künftig die hessische Industrie versorgen, aber auch Unternehmen in südlicheren Bundesländern. Allerdings ist die Umrüstung einer Kaverne auf Wasserstoff nicht banal. Beispielsweise müssen unterirdisch und oberirdisch eingesetzte Werkstoffe ausgetauscht werden, um Sicherheit und Explosionsschutz zu gewährleisten.

## Eignung von Unterspeichern zur Energiespeicherung

### Ausspeicherdauer



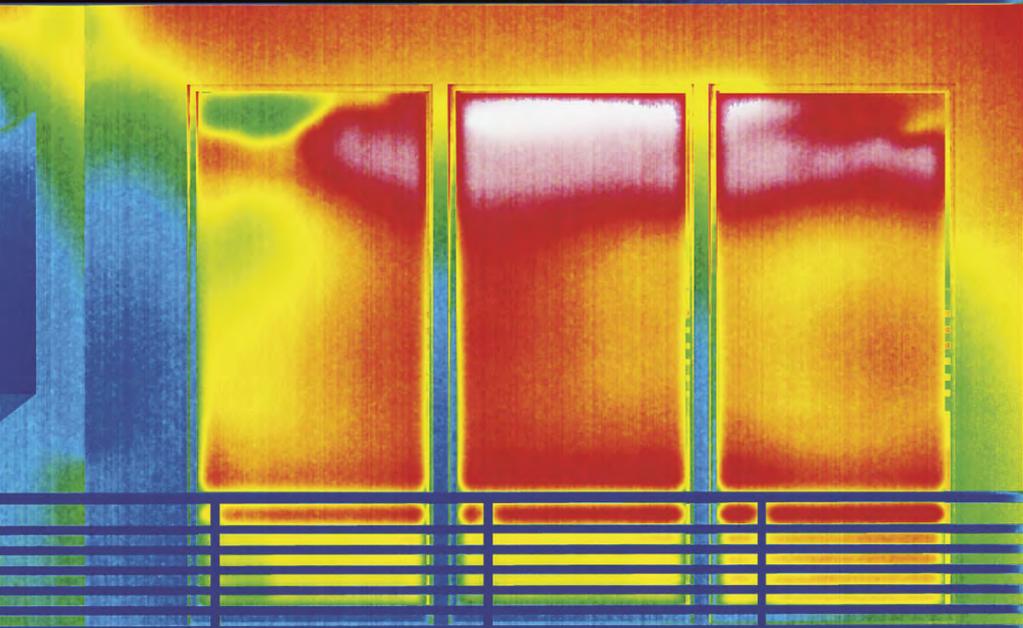
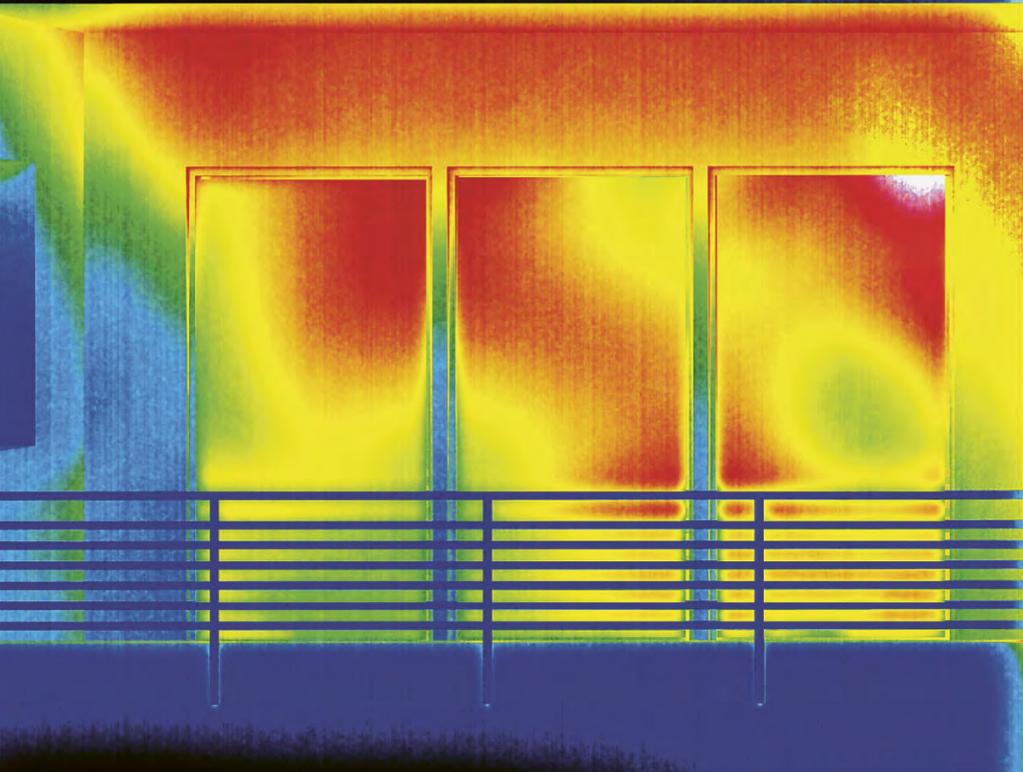
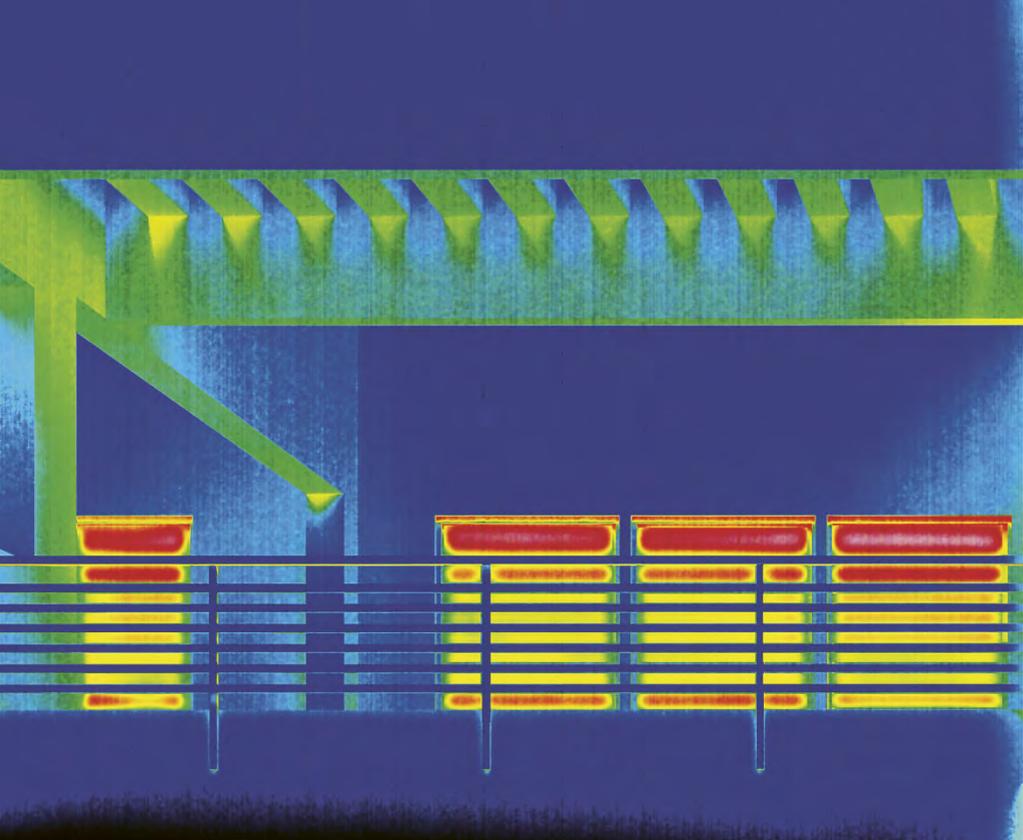
## Flüssig-Carrier für Wasserstoff

Auch bei der Netz-Wende geht es um Tempo. Doch wie gelingt ein schneller Wandel, und das möglichst global? „Indem wir weltweit die bestehende Infrastruktur für flüssige Energieträger nutzen“, betont **Professor Peter Wasserscheid**, Gründungsdirektor des **Helmholtz-Instituts Erlangen-Nürnberg**. Tanker, Lager, Tankstellen und Pipelines gibt es nahezu überall, und auch Wasserstoff lässt sich effizient in chemisch gebundener, flüssiger Form transportieren. Die ersten Tankstellen, die dieses Konzept umsetzen, sind laut Wasserscheid seit 2021 im Probebetrieb.

Sektorenkopplung, hocheffiziente Speicher, bidirektionale Energieflüsse – auch für Wärmenetze benennen diese Schlagworte den notwendigen Wandel. Dazu gehört, dass unterschiedliche Wärmequellen und Temperaturniveaus gekoppelt werden und Abwärme aus Rechenzentren oder Industrieanlagen besser integriert wird.

„Über die hydraulische Vernetzung hinaus braucht es vor allem eine transparente, schnelle Datenkommunikation“, sagt **Guido König**, Manager Digital Solutions bei der **Samson** in Frankfurt. Schnelle Datenkommunikation und konsequente Digitalisierung sind Bestandteil aller künftigen Leitungssysteme. Sie versprechen eine weitaus effizientere Nutzung von Wärme, Kälte, Strom und Wasserstoff als heute und eine vielfältigere, aber klimaschonende Welt der Netze.

**Netze müssen intelligent werden und Sektoren koppeln, damit die Energiewende gelingt. Eine Aufgabe, die Betreiberfirmen und Materialforschende auch in Hessen mächtig unter Strom setzt.**



Materialinnovationen für die Dekarbonisierung der privaten Haushalte

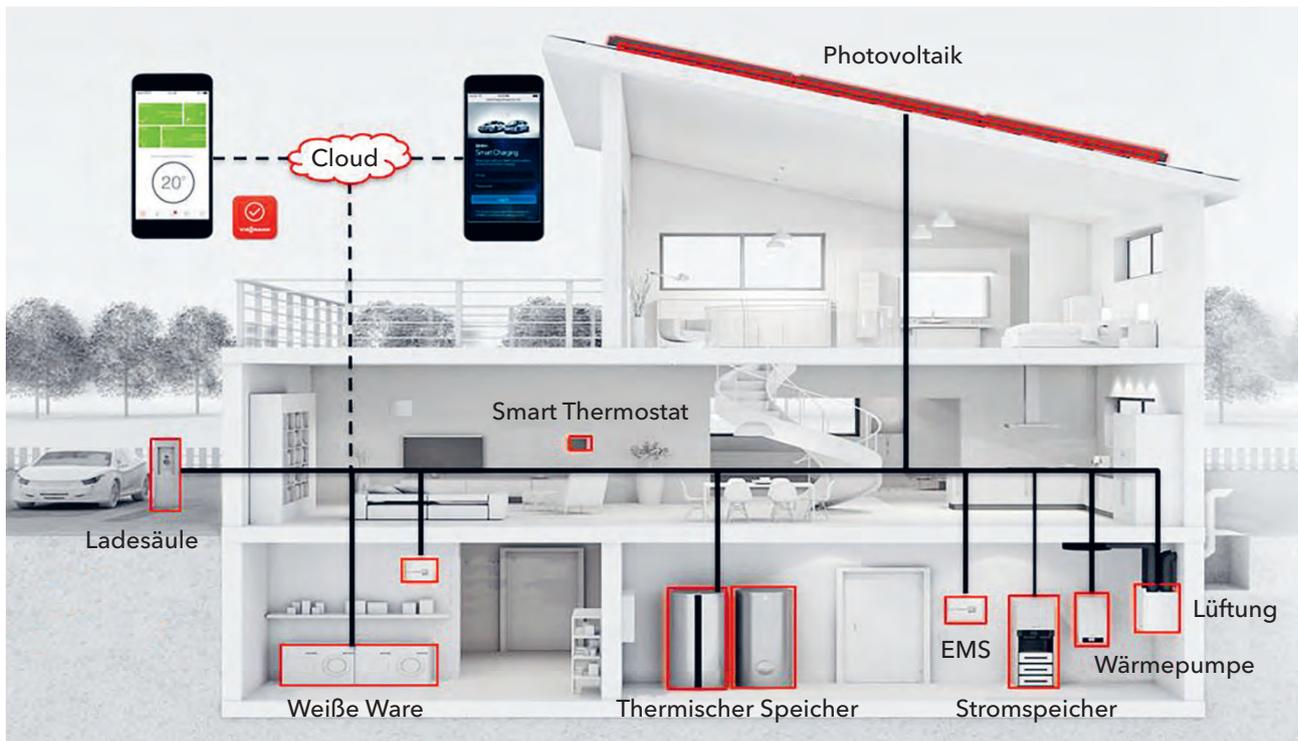
# Wohnen 2.0: Wohlfühlen und Klima schützen

Deutschland wohnt wenig klimafreundlich: Gebäude verbrauchen 40 Prozent der Energie und stehen für fast 30 Prozent des gesamten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in Deutschland. Jede zweite Heizung und 85 Prozent der Gebäudeverglasungen gelten als ineffizient. In kaum einem anderen Bereich klaffen technische Möglichkeiten und Realität so weit auseinander wie im Sektor Privathaushalte und Gebäude. Denn am Markt existiert eine Vielzahl von Technologien und Werkstoffen, die Emissionen drastisch senken, Ressourcen schonen und zugleich den Wohnkomfort steigern.

„Wir brauchen einen Technologiewandel,“ fordert daher **Martin Roßmann**, Global Head Systems & Advanced Technologies bei der **Viessmann Climate Solutions** in Allen-

dorf. Statt um Ölverbrauch und Kilowattstunden geht es künftig um Lastmanagement, Peak-Shaving und Netzdienlichkeit. Ganze Quartiere – besonders im Geschosswohnungsbau – können zu energetischen Einheiten werden, in denen Erzeugung und Verbrauch intelligent aufeinander abgestimmt sind.

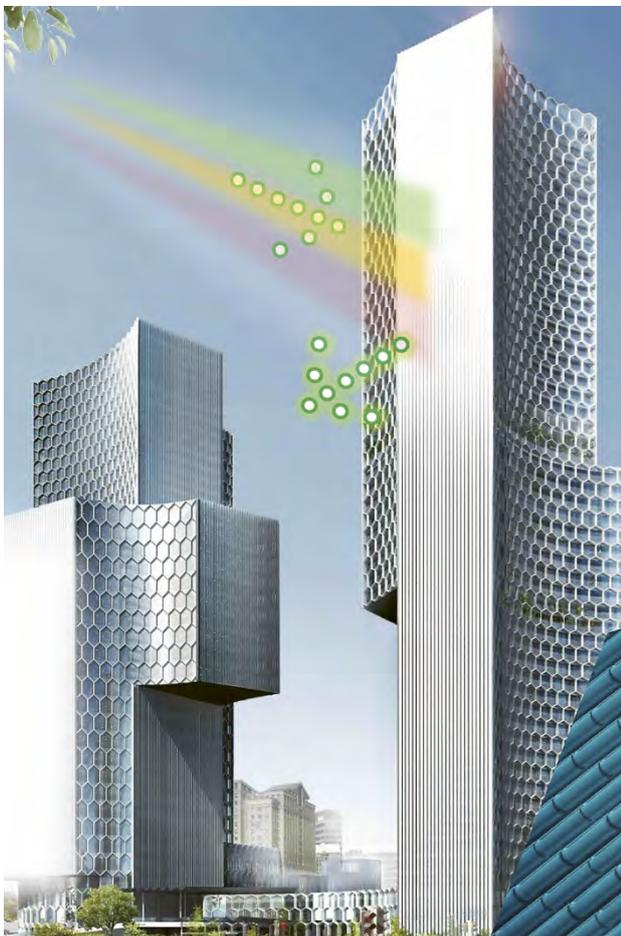
In Pilotprojekten erprobt Viessmann derzeit mit Unterstützung von Kooperationen sogenannte multivalente Energiesysteme und die dafür notwendigen Komponenten, beispielsweise den EEBUS als Kommunikationsschnittstelle für das „bidirektionale Laden“: Strom fließt künftig vom Hausnetz in die Ladesäule für das Elektroauto, aber auch aus der Fahrzeugbatterie ins Haus.



## Fenster, die mitdenken

Die meisten Verglasungen in deutschen Wohnungen lassen im Winter Wärme entweichen und im Sommer Hitze ins Haus. An der Universität Kassel haben Forschende ein Glas entwickelt, bei dem zwischen zwei Isolierglasscheiben winzige Mikrospiegel integriert sind. An heißen Tagen sind sie so gekippt, dass sie die äußere Wärmestrahlung nahezu komplett reflektieren. Sind Personen im Raum, lenkt ein Teil der Spiegel das Tageslicht an die reflektierende Decke und sorgt für optimale Ausleuchtung des gesamten Raums. Im Winter ernten die Mikrospiegel die Wärmestrahlung und lenken sie gezielt nach innen. „Bei Hitze wird der Wärmeeintrag gewaltig reduziert, im Winter kann optimal mit der Sonne geheizt werden“, sagt **Professor Hartmut Hillmer**, Leiter des Fachgebiets Technische Elektronik an der **Universität Kassel**.

Das 2017 von der Uni ausgegründete Start-up **Nanoscale Glasstec** in Kassel erprobt die reale Anwendung der Mikrospiegelverglasung. Dabei zeigt sich, dass die Technologie in einem breiten Bereich von minus 80 bis plus 120 °C funktioniert und etwa ein Drittel der Energie eingespart werden kann.



## Womit heizen wir morgen?

Die Frage, wie Gebäude künftig geheizt werden, ist ganz entscheidend für eine Energiewende. „Ohne den großflächigen Einsatz von Wärmepumpen werden die Klimaziele nicht zu erreichen sein“, ist **Kilian Bartholomé**, Gruppenleiter Kalorische Systeme beim Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik, dem **Fraunhofer IPM**, überzeugt. Im Projekt ElKaWe arbeiten sechs Fraunhofer-Institute – darunter das Fraunhofer LBF in Darmstadt – an der Entwicklung elektrokalorischer Wärmepumpen zum Heizen und Kühlen als Alternative zur Kompressor-Technologie. Bei elektrokalorischen Werkstoffen, z.B. bestimmten Keramiken oder Polymeren, sinkt in einem von außen angelegten elektrischen Feld die Entropie und das Material erwärmt sich. Wird das Feld abgeschaltet, kühlt der Werkstoff wieder ab. Dieser Prozess ist reversibel. Werden elektrokalorische Module in Reihe geschaltet, lässt sich damit Wärme oder Kälte pumpen.

Mit neuartigen Werkstoffen für hocheffiziente Wärmepumpen beschäftigt sich auch die Magnetherstellerin **Vacuumschmelze (VAC)** in Hanau. VAC nutzt beispielsweise thermoelektrische Materialien, in denen elektrische Spannung durch Temperaturdifferenzen am Bauteil erzeugt wird. „In privaten Haushalten könnten thermoelektrische Generatoren als stromerzeugende Wärmetauscher im Blockheizkraftwerk sowohl Strom als auch Wärme liefern“, erläutert **Michael Müller**, Materialentwickler bei der VAC. Das Unternehmen beschäftigt sich zudem mit magnetokalorischen Werkstoffen, die ihre Temperatur in Abhängigkeit von einem äußeren Magnetfeld ändern. Derzeit wird untersucht, ob dieser Effekt auch bei Raumtemperatur groß genug und damit für den Einsatz in effizienten Wärmepumpen oder Kältemaschinen nutzbar ist.

## Auf Natur gebaut

Welche Dämmstoffe schützen Gebäude am besten vor Hitze und Kälte? Wie sinken Rohstoffbedarf und Abfallmenge im Bau? Das sind nur zwei von vielen Fragen, die über die Nachhaltigkeit künftiger Gebäude entscheiden.

Der Fertighaushersteller **Kampa** verzichtet bei seinen Holzbauten gezielt auf Kunststoffdämmstoffe. Stattdessen werden die Häuser durch eine spezielle, hinterlüftete Fassade auf angenehme Temperaturen gebracht. Der Verzicht auf Kunststoff erleichtert zudem den Rückbau und die Abfallmenge sinkt. Die **Biowert Industrie** setzt auf Dämmung aus Wiesengras. In einer Bioraffinerie in Brensbach gewinnt das Unternehmen aus Gras reine Zellulose, die in einem speziellen Verfahren brandsicher gemacht wird. Danach eignet sich das Material als Einblasdämmstoff für Hohlräume im Wand-, Boden- und Dachbereich oder als Schüttdämmstoff für ebene Flächen.



Materialexpertinnen und -experten um **Professor Samuel Schabel** an der **TU Darmstadt** entwickeln Bauteile und Wandelemente ganz aus Papier. Tatsächlich hat Zellulose und damit auch die Papierfaser eine starke, innere Struktur, die der von Drahtseilen ähnelt. Zellulose eignet sich daher für Werkstoffe mit hoher Zugfestigkeit und Formbarkeit. Ein interdisziplinäres Team an der TU Darmstadt hat Demonstratoren im Maßstab 1:1 gebaut, die zeigen, wie erstaunlich stabil und langlebig Wand- und Dachkonstruktionen, aber auch Möbel und Inneneinrichtung aus Papier sein können.

## Was tun mit dem Altbestand?

Eine emissionsarme Architektur ist im Neubau durchaus möglich, was aber tun mit dem großen Altbestand? Die **TU Darmstadt** untersucht derzeit in einem Förderprojekt, wie der Campus mit seinen massiven Betongebäuden aus den 1960er-Jahren künftig klimaschonend und energieeffizient betrieben werden kann.

Im Fokus steht das Hauptgebäude des Fachbereichs Architektur. In Teilen des Architekturgebäudes wurden die Flächen von Decken und Wänden durch zusätzliche Elemente vergrößert, um die Wärmeübertragung zu maximieren. „Mithilfe eines digitalen Zwillings werden die Energieströme im Lifemonitoring abgebildet und gesteuert“, erläutert **Professor Christoph Kuhn**, Leiter des Fachgebiets Nachhaltiges Bauen. Durch die vergrößerten Flächen sinkt die im Wärmenetz benötigte Temperatur, und die Einkopplung von regenerativen, fluktuierenden Energien wird einfacher.

Kuhns Vision: „Klima und Energie müssen das Bauen wieder prägen, so wie das früher der Fall war. Material, Gestaltung und Konstruktion müssen sich anpassen.“ Dazu gehört, dass Nachhaltigkeit im Bau nicht nur gefordert, sondern auch gesetzlich konkretisiert wird – beispielsweise durch eine verpflichtende Lebenszyklusanalyse für Gebäude oder durch Ökobilanzen für Werkstoffe. Nur dann kann Nachhaltigkeit in das Haus der Zukunft auch einziehen.

**Wie bauen und wohnen wir morgen?  
Nachhaltige Materialien und hocheffiziente Wärmepumpen sparen Emissionen und erhöhen den Wohnkomfort.**



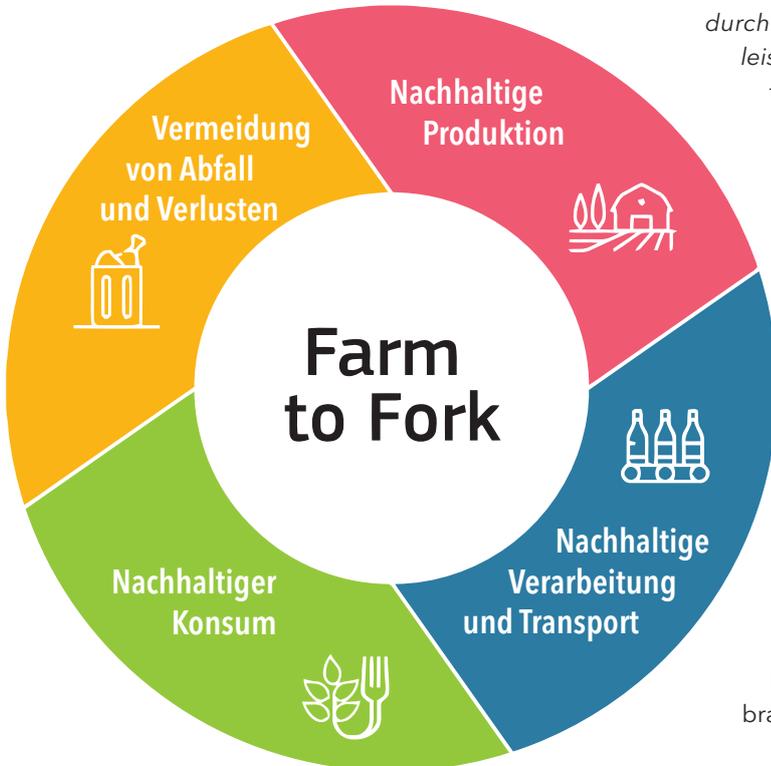
Materialinnovationen für klimaneutrale Ernährung und Landwirtschaft

# Nachhaltigkeit schlägt Wurzeln

Bis 2050 werden knapp zehn Milliarden Menschen auf der Welt leben. Sie alle müssen ernährt werden, ohne dass Umwelt und Klima weiter Schaden nehmen. Dieses Ziel ist schwere Kost: Die Nahrungs- und Futtermittelproduktion leidet bereits heute unter dem Klimawandel, und zudem ist der Sektor selbst eine erhebliche Quelle für Umweltschadstoffe und Treibhausgase.

## Farm-to-Fork-Strategie: Viel weniger ist mehr

Die EU will mit ihrer Farm-to-Fork-Strategie den Spagat schaffen. Die Strategie ist eines von zehn Kernelementen des European Green Deal und soll Produktion, Verarbeitung, Verteilung und Konsum von Nahrungsmitteln nachhaltiger machen. Der Einsatz von Pestiziden und von Antibiotika soll bis 2030 halbiert werden, auch die Menge der Nährstoffe, die ungenutzt verloren gehen, soll um 50 Prozent sinken. Zudem soll im Jahr 2030 ein Viertel der Äcker und Felder nach den Anforderungen der biologischen Landwirtschaft bestellt werden. „Dieser Baustein des Green Deal betrifft jeden Bürger der EU, und jeder kann durch sein Konsumverhalten einen positiven Beitrag leisten“, formuliert es **Michael Binder**, verantwortlich für Nachhaltige Entwicklung im Geschäftsbereich Animal Nutrition der **Evonik Industries** in Hanau.



Etwa ein Drittel der globalen Stickstoff-Emissionen stammt aus der Tierhaltung. In der Fleischproduktion ist der Gehalt essenzieller Aminosäuren, die das Tier nicht selbst herstellen kann, entscheidend für die Futtermittelverwertung und damit für die Emissionen. Hier setzt der Geschäftsbereich Animal Nutrition der Evonik AG an und produziert solche Aminosäuren wie Methionin oder Lysin, die als Zugabe im Futter dafür sorgen, dass Hühner oder Schweine die Nährstoffe besser verwerten. Landwirte und Landwirtinnen sparen Futterkosten, vor allem aber sinken Landverbrauch und Emissionen.



### Das Steak aus dem Bioreaktor

Mit dem Wachstum von Bevölkerung und Wohlstand wächst auch der Hunger auf Fleisch, den die herkömmliche Tierzucht ohne extreme Umwelt- und Klimaschäden nicht mehr decken kann. Großunternehmen wie die Darmstädter **Merck**, aber auch etwa 70 Start-up-Firmen weltweit suchen daher nach Alternativen. Viele setzen auf sogenanntes Kulturfleisch, das ganz ohne blutige Schlachthäuser auskommt. Dafür werden einem Tier durch Biopsie Stammzellen bzw. Muskelvorläuferzellen entnommen, die im Bioreaktor zu Muskelgewebe heranwachsen.

Noch gibt es hohe technische Hürden. Damit Kulturfleisch zu gut verdaulichen Kosten hergestellt werden kann, braucht es nicht nur eine robuste Zelllinie, sondern auch preiswerte Kulturmedien, einen geeigneten Träger (Scaffold), auf dem die Zellen zuverlässig wachsen, und Großreaktoren im Brauerei-Maßstab.

Forschende am **Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren der TU Darmstadt** sind überzeugt, dass es schneller und preiswerter geht, wenn man Fleisch einfach druckt. Beim 3D-Biodruck werden sogenannte Biotinten verarbeitet. Biotinte besteht aus lebenden Zellen, die in Hydrogelen auf Basis von Gelatine oder Stärke eingebettet sind. „Wir haben gezeigt, dass die Zellen den Druckprozess überleben“, betont **Robin Maatz** vom Team um **Professor Andreas Blaeser**, „allerdings ist der Prozess viel zu langsam, um wirtschaftlich zu sein.“

Das Team arbeitet daher an der Weiterentwicklung des traditionellen Siebdrucks, der bereits heute elektronische Schaltkreise oder textile Strukturen in Massenproduktion erzeugt. Der Siebdruck ermöglicht vollautomatisch große Durchsätze und zugleich eine hohe Auflösung der Strukturen, so Maatz. Das Team hat 400 Mikrometer dünne, zweidimensionale Zellschichten erzeugt, die dann im Bioreaktor durch mechanische und elektrische Stimulation zu dreidimensionalem Gewebe vernetzen.

## Digitalisierung befruchtet Landwirtschaft

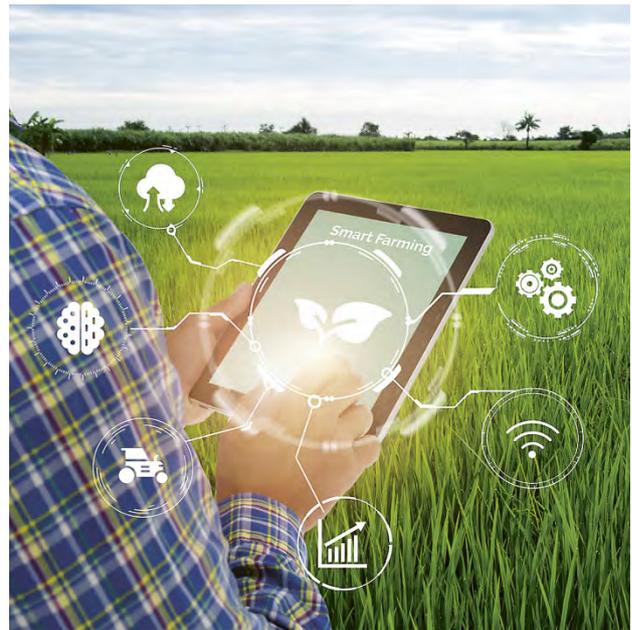
Das Farm-to-Fork-Programm der EU steigert die Anforderungen an Landwirte drastisch – durch mehr Auflagen, mehr Dokumentation, mehr Pflichten zur Minderung von Pestiziden und Dünger. „Dafür braucht es digitale Lösungen“, ist **Volker Hadamschek** von der **BASF** überzeugt. Tatsächlich hat die Digitalisierung auf dem Feld längst Wurzeln geschlagen. Field Manager, Biodiversitätsfenster, Spray-Timer und feldzonenspezifische Applikationskarten – Landwirtschaft wird zu einer präzise durchgeplanten Angelegenheit.

BASF vertreibt weltweit unterschiedliche KI-basierte Apps, die hohe Erträge mit niedrigen Emissionen verknüpfen sollen. Drohnen liefern Bilder und Daten. Diverse Apps berechnen daraus Grünflächenanteil, den optimalen Spritzzeitpunkt, Karten und Protokolle für GPS-gesteuerte Landmaschinen oder erkennen Unkraut, Krankheiten und Schädlinge. Auch die Darmstädter **Solorrow** bietet eine App für die Landwirtschaft an, die hingegen Satellitendaten auswertet. „Damit können Landwirte ihre Felder mit wenigen Klicks analysieren“, sagt Geschäftsführer **Jürgen Born**. Sie erhalten eine Feldkarte mit unterschiedlich produktiven Zonen, so dass Saat- und Düngemengen angepasst werden können.

Der US-amerikanische Landmaschinenhersteller **John Deere** hat eine Cloud-Lösung entwickelt, die verschiedene Apps koppelt und einen Datenaustausch in beide Richtungen ermöglicht. „Jede Aktion in Feld und Flur ist im Voraus präzise planbar, die Dokumentation und Auswertung erfolgt automatisch“, erläutert **Peter Koch** vom Forschungs- und Entwicklungszentrum John Deere in Kaiserslautern. Präzisionslandwirtschaft gibt es auch zum Mitnehmen: Ein Messgerät im Taschenlampenformat von **Phytoprove Pflanzenanalytik**, einem Spin-off der Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung in Frankfurt, erfasst direkt an der Blattoberfläche physiologische Parameter. Sie geben über Vitalität, Nährstoffbedarf und Wasserversorgung der Pflanze Aufschluss. „Die Werte sind genauer als eine Messung im Boden“, betont Mitgründer **Daniel Weber**.

## Nährstoffe aus der Retorte

Forschung kann konventionelle Nahrungsmittelproduktion auch ganz neu erfinden. Ein wichtiges Werkzeug dafür ist die „precision fermentation“, bei der Mikroorganismen so programmiert werden, dass sie fast jedes komplexe organische Molekül produzieren können. Die **BRAIN Biotech** in Zwingenberg hat ein genom-editieren-



des Enzym entwickelt, mit dem bestimmte Produktionsstämme gentechnisch optimiert werden können. „Mit unserem Enzym produziert das Berliner Unternehmen **Formo** naturidentische Proteine für tierfreien Käse“, sagt **Katja Riedel**, verantwortlich für das Technical Business Development bei **BRAIN**.

Zudem will **BRAIN** durch precision fermentation einen neuartigen Süßstoff aus Aminosäuren biotechnologisch herstellen: Das Protein mit dem Namen **Brazzein** stammt aus einer afrikanischen Lianenpflanze und kommt – anders als viele andere synthetische Süßstoffe – dem Geschmack von Zucker sehr nahe. Riedel: „Die Nachfrage nach natürlichen, aber gesunden Süßstoffen steigt stark an.“ Somit steht **Brazzein** stellvertretend für viele andere tierische und pflanzliche Nährstoffe, die künftig großtechnisch mit hoher Qualität im Bioreaktor hergestellt werden können, ohne dass Klima und Umwelt unter die Räder geraten.

**Für die Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung braucht es neue Rezepte. Hessische Spezialchemie-Unternehmen und Start-ups senken Emissionen durch hochpräzise Landwirtschaft und Nährstoffproduktion im Bioreaktor.**



Materialinnovationen für eine erfolgreiche Kreislaufwirtschaft

# Im Kreis geführt

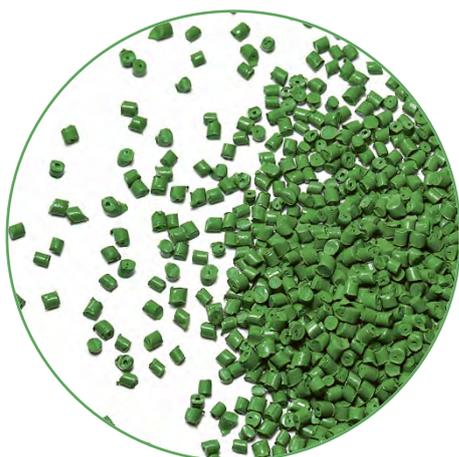
Kreislaufwirtschaft ist zwar ein Thema, das die EU seit Jahren hoch in ihrer Agenda führt, in der Realität aber führen die meisten Stoffströme in die Verbrennung oder auf die Deponie. „Wir stehen nicht nur vor einer Energiewende und einer Verkehrswende, sondern auch vor einer Materialwende“, konstatiert Professor Anke Weidenkaff, Leiterin des Fraunhofer IWKS in Hanau und Alzenau. Produkte müssen künftig anders produziert, länger verwendet und konsequent verwertet werden. Dafür braucht es Materialien mit hoher Langlebigkeit und Funktionalität, die mit geringem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck produziert werden, die wenig kritische oder giftige Rohstoffe enthalten und sich nach Gebrauch erneut verwenden oder ökonomisch verwerten lassen.

Kreislaufwirtschaft ist weit mehr als Recycling. Das „Roundstream“-Konzept umfasst die gesamte Wertschöpfungskette, nimmt alle Akteure entlang der Kette in die Pflicht, identifiziert und dokumentiert sämtliche Rohstoffe. „Die bloßen Recyclingquoten, die es in der EU und in Deutschland seit Jahren gibt, springen viel zu kurz,“ betont Christian Hagelüken, Leiter einer Arbeitsgruppe der Initiative Circular Economy bei der Deutschen Akademie für Technikwissenschaften (acatech).

## Neues Leben für Altkunststoffe

Besonders deutlich wird das bei Kunststoffen. Von über 14 Millionen Tonnen, die jährlich in Deutschland verarbeitet werden, ersetzen nur 430.000 Tonnen Altplastik tatsächlich Neuware. Einer der wichtigsten Gründe dafür: Mengen und Qualitäten von Rezyklaten sind starken Schwankungen unterworfen. An diesem Punkt setzt das Fraunhofer LBF in Darmstadt an. Es arbeitet an der Entwicklung neuer Stabilisatoren und Kompatibilisatoren, die Haltbarkeit, Lebensdauer und Morphologie von Rezyklaten und Rezyklatmischungen verbessern. „Unser Ziel sind Sekundärkunststoffe, die so problemlos wie Neuware eingesetzt werden können“, sagt Elke Metzsch-Zilligen, Leiterin der Gruppe „Additivierung“ im Bereich Kunststoffe am LBF.

Bei Biokunststoffen ist entscheidend, dass deren Abbau in der Umwelt kontrolliert werden kann. Das LBF entwickelt Zusätze, die sowohl einen Stabilisator als auch einen abbaufördernden Katalysator enthalten. Das Wirkprinzip: Der Stabilisator im Biokunststoff setzt sich innerhalb einer bestimmten Gebrauchsdauer in eine Säure um und verliert an Wirkung. Die entstehende Säure wiederum leitet den Abbau des Polymers in der Umwelt ein.

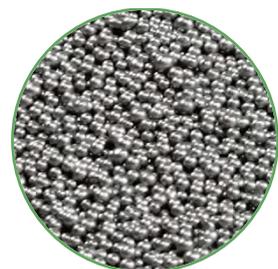
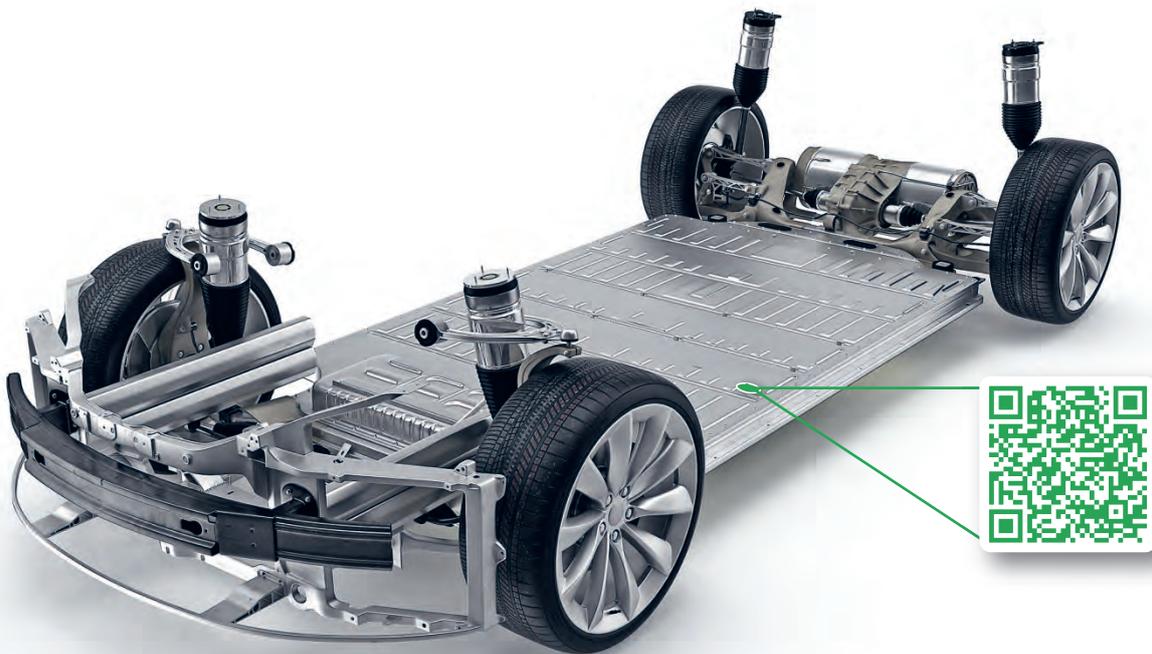


### Kreislaufwirtschaft: E-Mobilität geht vor

Möglicherweise gelingt bei der Elektromobilität, was bei Kunststoffen seit Jahrzehnten so schwerfällt: eine konsequente und durchgeplante Rückführung der Rohstoffe. E-Mobilität bringt hochkomplexe Komponenten in den Wertstoffkreislauf, von denen die meisten kritische und teure Elemente enthalten, deren Rückgewinnung sowohl dringend geboten ist als auch lukrativ sein kann.

Ein Konsortium unter Leitung des Fraunhofer IWKS will im Rahmen des Projekts „BReCycle“ ein Kreislaufwirtschaftskonzept speziell für PEM-Brennstoffzellen entwickeln. Das Besondere dabei ist, dass durch elektrohydraulische Zerkleinerung wertvolle Edelmetalle aus der Elektrodenbeschichtung von den Polymermembranen abgetrennt werden. Da kein Kunststoff in die anschließende metallurgische Aufbereitung gelangt, wird die Entstehung von hochgiftigen Fluorverbindungen verhindert.

Mit der Rückgewinnung von Edelmetallen beschäftigt sich auch Heraeus Precious Metals in Hanau. „Edelmetalle tragen die gesamte Wasserstoff-Wertschöpfungskette“, betont **Philipp Walter**, Leiter Innovation bei **Heraeus Precious Metals**. Sie werden benötigt für die Elektrolyse zur Herstellung von Wasserstoff, für Transport und Speicherung des Gases und für dessen Nutzung. Da bis zum Jahr 2030 in nahezu allen Regionen der Welt die Kapazitäten für Elektrolyseanlagen deutlich ausgebaut werden, wächst der Bedarf an Elementen wie Iridium und Platin enorm. Daher entwickelt Heraeus Elektroden, die mit weniger kritischen Elementen auskommen. Wird zum Beispiel reines Iridium durch Iridiumoxid oder Mischoxide ersetzt oder die aktive Platinschicht auf einen Kohlenstoffträger aufgebracht, lässt sich die Edelmetallmenge um den Faktor vier bis fünf reduzieren.



## Batterie als Zwilling

E-Mobilität ist auch ein erstes, globales Testfeld für digitale Tools und Geschäftsmodelle, die die gesamten Lieferketten nachhaltiger gestalten. Bis 2025 werden schätzungsweise 100 Millionen Tonnen Lithium-Ionen-Akkus aus Elektrofahrzeugen ausgemustert. Aber wie viele kommen wann zurück? Welche Batterie eignet sich für ein Re-Use, welche muss ins Recycling und wo haben Verwertungsanlagen Kapazitäten frei? Fragen, mit denen sich die Automobilherstellung und das Zulieferwesen künftig beschäftigen müssen.



Unterstützung erhalten sie dabei von Start-ups wie **Circunomics** aus Mainz. „Der Schlüssel sind Methoden zu Reverse Statistics“, sagt **Sebastian Wolzak**, Mitgründer von Circunomics. Das Mainzer Start-up will Prüfverfahren und Datenerhebung automatisieren und in einem Netzwerk aus Recyclingfirmen und Logistikunternehmen Rücklauf, Recycling und Re-Use alter Lithium-Ionen-Akkus professionalisieren. Für die Batterieindustrie erstellt das Unternehmen auf Wunsch einen digitalen Zwilling jeder einzelnen Batterie.

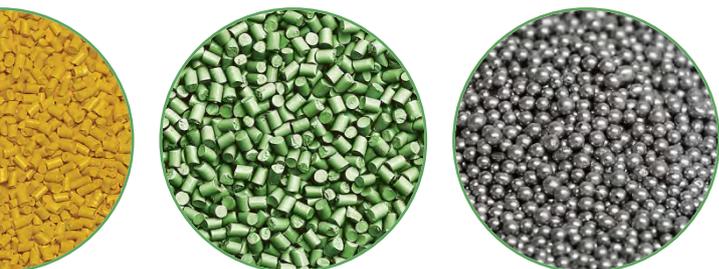
## Reisepass für Rohstoffe

Ein ähnliches Geschäftsmodell verfolgt das IT-Unternehmen **Circularor**. Es nutzt Technologien wie Blockchain oder maschinelles Lernen, um den Weg von Rohstoffen zu verfolgen, die ihren chemischen oder physikalischen Zustand ändern. Die gesamte Liefer- und Wertschöpfungskette wird mit Daten unterlegt. Dadurch können Herstellungs- und Zulieferbetriebe den Weg einzelner chemischer Elemente verfolgen, aber auch beispielsweise die CO<sub>2</sub>-Intensität oder den Wasserverbrauch von Prozessen vergleichen und kommunizieren.

Um das Wachstum bei der E-Mobilität nachhaltig und klimaschonend zu steuern, will die **Global Battery Alliance** (GBA), eine weltweite Plattform aus Organisationen und Unternehmen, bis 2030 eine nachhaltige Wertschöpfungskette für Traktionsbatterien aufbauen. „Dafür brauchen wir Standards und klare Indikatoren, was Nachhaltigkeit bei Batterien eigentlich heißt“, sagt **Torsten Freund**, Projektleiter Battery Passport bei der GBA.

Bisher wurden 29 einzelne Indikatoren entwickelt. Am Ende soll jede Batterie einen „Reisepass“ erhalten, also einen digitalen Zwilling, der unter anderem Daten über Herstellung, Zusammensetzung, Demontage und Verwertung bündelt. Ein solches digitales Abbild ermöglicht einen globalen und sicheren Austausch von Daten und eine Verständigung über allgemein akzeptierte Standards und Verfahren. Geplant ist zudem ein GBA-Qualitätssiegel, das sowohl die Herstellungs- als auch die Nachfrageseite der Automobilbranche über die Nachhaltigkeit des Akkus informiert.

Die Entwicklung von ersten Produktpässen zeigt auch, dass es nicht nur um Tools und Technik geht, sondern auch um Kooperation, betont Freund. Erst neue Formen der Zusammenarbeit führen zu einer Wirtschaft, bei denen alle Beteiligten die Kreislaufführung von Stoffen und Produkten von Anfang an mitdenken.



Wie sehen Materialien und Geschäftsmodelle aus, die Produkte und Ressourcen im Wirtschaftskreislauf halten? Dafür braucht es Tools und Technik, aber auch neue Formen der Kooperation.

# materials valley

Der Verein Materials Valley wurde vor 20 Jahren im Frühjahr 2002 in Hanau gegründet. Ziel des Vereins ist die Profilierung und Stärkung der Region Rhein-Main als High-Tech-Standort für Materialforschung und Werkstofftechnologie.

Dazu wurden sehr viele Veranstaltungen in unterschiedlichen Formaten durchgeführt, um innovative Materialentwicklungen vorzustellen, voneinander zu lernen, Handlungsbedarfe und Perspektiven abzustimmen und ein Expertise-Netzwerk aus Forschung und Industrie zu bilden. Dabei war es stets auch wichtig, die jeweiligen regulatorischen Rahmenbedingungen kennenzulernen.

Der am 11. Dezember 2019 in Brüssel vorgestellte „**European Green Deal**“ mit seiner ambitionierten Zeitschiene der Implementierung gab klare Vorgaben, und es lag auf der Hand zu diskutieren, welche Bedeutung er für die Material-Branche und zukünftige Entwicklungen hat.

Materials Valley konzipierte daher gemeinsam mit der Hessen Trade & Invest GmbH eine 10-teilige Veranstaltungsreihe, in der mit vielen Experten und Expertinnen herausgearbeitet wurde, wie Materialinnovationen helfen können, die Dekarbonisierungsziele der einzelnen Sektoren (z. B. Verkehr, Industrie, private Haushalte, Energieerzeugung und Energienetze, Kreislaufwirtschaft sowie Ernährung und Landwirtschaft) zu erreichen.

Die Reihe „**Materials for the European Green Deal**“ wurde am 21. Januar 2021 von Staatsminister Tarek Al-Wazir gestartet.

In den folgenden acht jeweils gut dreistündigen und virtuell durchgeführten Events haben über 100 Vortragende in 10-minütigen „Schlaglichtern“ eigene Beiträge zu Forschungsergebnissen und der Entwicklung einer erfolgreichen Transformation vorgestellt. Diskussionen zwischen Vortragenden und Teilnehmenden fanden in virtuellen Pausenräumen statt.

Dieses kompakte Vernetzungsformat fand bei den zahlreichen Teilnehmenden und Vortragenden großen Anklang. Im Anschluss an jede Veranstaltung wurden zum Nachlesen und Nachstudieren die Vortragsfolien sowie jeweils ein von der Journalistin Christa Friedl verfasster Nachbericht veröffentlicht.

**Professor Tobias Melz**, Leiter des Darmstädter Fraunhofer-Instituts für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (Fraunhofer LBF) und Vorstandsvorsitzender von Materials Valley, und der neue Geschäftsführer des Materials Valley, **Dr. Philipp Walter** von der Heraeus Deutschland GmbH & Co. KG, freuen sich, dass mit dieser Reihe die Wichtigkeit eines Netzwerks wie Materials Valley wieder unter Beweis gestellt werden konnte. Beide sehen das als Ansporn, weitere Begegnungsformate zu „katalysieren“. *„Gemeinsamer Austausch, nach zwei Corona-Jahren endlich auch wieder mit unmittelbarem Kontakt, ist in unserer schnelllebigen, veränderungsintensiven Welt ganz wichtig, um gemeinsam erfolgreich zu sein und Innovationen zu beschleunigen“*, meint Professor Melz.



**Prof. Tobias Melz**  
Materials Valley  
und Fraunhofer LBF



**Dr. Hans-Jürgen Wachter**  
Materials Valley  
und Heraeus



**Dr. Benedict Götz**  
Materials Valley  
und Fraunhofer LBF



**Andreas Brumby**  
Materials Valley

# Technologieland Hessen



Informieren, beraten, vernetzen: Das Technologieland Hessen unterstützt Unternehmen dabei, zukunftsweisende Innovationen zu entwickeln. Wir entfalten wirtschaftliche Potenziale, machen technologische Spitzenleistungen sichtbar und profilieren damit Hessen als Technologie- und Innovationsstandort. Umgesetzt wird das Technologieland Hessen von der Hessen Trade & Invest GmbH im Auftrag des Hessischen Wirtschaftsministeriums.

## Unsere Angebote umfassen:

- Vernetzung von Akteuren, Kooperationsvermittlung
- Fach- und Informationsveranstaltungen
- Themenspezifische Publikationen
- Newsletter und Magazin „Technologieland Hessen“
- Beratung und Förderung
- Messebeteiligungen und Außenwirtschaftsförderung

Um mit den aktuellen technologischen und gesellschaftlichen Entwicklungen Schritt zu halten, ist es wichtig, sowohl einzelne Technologien im Auge zu behalten als

auch Synergien zu erkennen. In fachspezifischen Innovationsfeldern bildet das Technologieland Hessen deshalb unterschiedliche Schwerpunkte ab.

Im Innovationsfeld **Materialtechnologien** unterstützen wir die hessischen Akteure bei der Entwicklung, Fertigung und Anwendung innovativer Materialien. Dabei legen wir besonderen Fokus auf Nachhaltige Materialien, Funktionsmaterialien und neue Fertigungsverfahren. Egal ob durch Materialdesign mit ungeahnten Eigenschaften und Funktionen oder innovativen Fertigungsverfahren: Materialtechnologien beflügeln auf vielerlei Wegen die Leistungsfähigkeit einer wettbewerbsfähigen Wirtschaft, die Klima, Ressourcen, Mensch und Umwelt schont. Um diesen Wandel in unserer Wirtschaft, Forschung und Gesellschaft zu unterstützen, begleiten wir aktuelle Trends und sind zentraler Ansprechpartner für Entwickler, Treiber und Anwender der innovativen Materialtechnologien. Nutzen Sie unsere Angebote und bringen Sie sich mit Ihren eigenen Ideen ein. Wir freuen uns auf den Dialog mit Ihnen!

## Ihre Ansprechpartner im Technologieland Hessen, Innovationsfeld Materialtechnologien:



**Dr. Sandro Szabó, Projektleiter**  
 Telefon: +49 611 95017-8631  
 sandro.szabo@htai.de



**Simon Schneider, Projektmanager**  
 Telefon: +49 611 95017-8634  
 simon.schneider@htai.de



**HESSEN**  
**TRADE & INVEST**

Wirtschaftsförderer für Hessen

Hessen Trade & Invest GmbH  
 Konradinallee 9  
 65189 Wiesbaden

www.htai.de  
 www.technologieland-hessen.de

# Impressum

## Herausgeber

Hessen Trade & Invest GmbH  
Technologieland Hessen  
Konradinerallee 9, 65189 Wiesbaden  
Telefon +49 611 95017-85  
Fax +49 611 95017-8466  
E-Mail [info@technologieland-hessen.de](mailto:info@technologieland-hessen.de)  
[www.technologieland-hessen.de](http://www.technologieland-hessen.de)

## In Kooperation mit

Materials Valley e.V.  
c/o Heraeus Holding GmbH  
Heraeusstraße 12-14, 63450 Hanau  
Telefon +49 6181 35-5268  
E-Mail [judith.kuenssler@heraeus.com](mailto:judith.kuenssler@heraeus.com)  
[www.materials-valley.de](http://www.materials-valley.de)

## Redaktionelle Leitung

Dr. Sandro Szabó und Simon Schneider  
Hessen Trade & Invest GmbH

Andreas Brumby  
Materials Valley e.V.

Sebastian Hummel  
Hessisches Ministerium für  
Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen

## Konzept und Text

Dipl.-Ing. Christa Friedl

## Lektorat

Dana Haralambie

## Design und Umsetzung

Theißen-Design

## Veröffentlichungsdatum, Auflage

April 2022, 500 Exemplare

## Druck

Print Pool GmbH

Gedruckt auf Circleoffset Premium White  
350 g/qm / 120 g/qm



Umweltfreundlich gedruckt:  
Klimaneutral produziert mit  
Biodruckfarben und Recyclingpapier.



Dieses Druckerzeugnis wurde mit dem Blaue Engel ausgezeichnet



## Bildnachweise:

HTAI, Grafik bartels+drescher (Titelseite, U2, Seite 5)  
 HMWEVW, Oliver Rüter (Seite 2)  
 LEA-Hessen, Stefan Wildhirt (Seite 12 oben)  
 LEA-Hessen, Jan Hosan (Seite 12 unten)  
 RMV, Arne Landwehr (Seite 13 links)  
 EDAG Engineering Group AG (Seite 16 links)  
 HTAI, Andreas Koschate (Seite 16 rechts)  
 Global CCS Institute (Seite 20)  
 Abbildung nach: Energiespeicher-Bedarf, Technologien,  
 Integration. Michael Sterner, Ingo Stadler (2017),  
 Springer Nature (Seite 25)  
 Viessmann Climate Solutions SE (Seite 27)  
 Nanoscale Glasstec GmbH (Seite 28 unten)  
 FGPG / ECC 2021/22 Biennale Venedig (Seite 29)  
 Europäische Kommission (Seite 31)

Adobe Stock / stock.adobe.com:  
 industrieblick (U2; Seite 6)  
 Dmitry Kovalchuk (Seite 7, Bild 1 oben)  
 Gina Sanders (Seite 7, Bild 2)  
 Robert Leßmann (Seite 7, Bild 3)  
 H\_Ko (Seite 7, Bild 4)  
 adydyka2780 (Seite 7, Bild 5 unten)  
 Светлана Лазаренко (Seite 8)  
 stetsko (Seite 9)  
 connel\_design (U2, Seite 10)  
 xiaoliangge (Seite 11)  
 Aliaksandr Marko (Seite 13 rechts)  
 fotograupner (U2, Seite 14)  
 nordroden (U2, Seiten 15, 17, 23, 34)  
 Alberto Masnovi (U2, Seite 18)  
 evening\_tao (Seite 19)  
 photlook (Seite 21)  
 ABCDstock (U2, Seite 22)  
 Natascha (Seite 24)  
 electriceye (U2, Seite 26)  
 Hermann (Seite 28 oben)  
 scharfsinn86 (U2, Seite 30)  
 New Africa (Seite 32)  
 Monopoly919 (Seite 33)  
 digitalstock (Seite 35 links)  
 Christoph (Seite 35 rechts)  
 2dmolier (Seite 36 mitte)  
 fotomowo (Seiten 36/37 unten Bilder 1, 2, 3, 6)  
 PRILL Mediendesign (Seiten 36/37 unten Bilder 4, 7)  
 lowtech24 (Seiten 36/37 unten Bild 5)  
 Nischaporn (Seite 37 mitte)

© Hessisches Ministerium für  
 Wirtschaft, Energie, Verkehr  
 und Wohnen  
 Kaiser-Friedrich-Ring 75  
 65185 Wiesbaden  
 www.wirtschaft.hessen.de

Vervielfältigung und Nachdruck – auch auszugsweise –  
 nur nach vorheriger schriftlicher Genehmigung.

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsar-  
 beit der Hessen Trade & Invest GmbH herausgegeben.  
 Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbfern  
 oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum  
 Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt  
 für Landtags-, Bundestags- und Kommunalwahlen.  
 Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf  
 Wahlkampfveranstaltungen, an Informationsständen der  
 Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben  
 parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Unter-  
 sagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke  
 der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer  
 bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in  
 einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme  
 der Landesregierung zugunsten einzelner politischer  
 Gruppen verstanden werden könnte. Die genannten  
 Beschränkungen gelten unabhängig davon, wann, auf  
 welchem Weg und in welcher Anzahl die Druckschrift  
 dem Empfänger zugegangen ist. Den Parteien ist es  
 jedoch gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer  
 eigenen Mitglieder zu verwenden.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die  
 Richtigkeit, die Genauigkeit und die Vollständigkeit der  
 Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter.  
 Die in der Veröffentlichung geäußerten Ansichten und  
 Meinungen müssen nicht mit der Meinung des Heraus-  
 gebers übereinstimmen.

HESSEN



Hessisches Ministerium  
für Wirtschaft, Energie,  
Verkehr und Wohnen

Projekträger:



HESSEN  
TRADE & INVEST

Wirtschaftsförderer für Hessen

In Kooperation mit:

**materials valley**