» FORWARD 1/25
empowering the human factor

Geschäftsmodell NACHHALTIGKEIT

Welche Chancen Energie- und Mobilitätswende eröffnen

Fraunhofer IAO

Editorial

Liebe Leserinnen und Leser,
bereits 1896 formulierte der schwedische Physiker und Chemiker Svante Arrhenius die These, dass das vom Menschen emittierte CO_2 das Klima verändern könnte. Mehr als 80 Jahre später, im Jahr 1979, mündete der erste weltweite Klimagipfel in einem Aufruf, die Erderwärmung zu begrenzen. Und heute? Weitere 46 Jahre später steigen die CO_2-Emissionen allen Warnungen zum Trotz noch immer.

Warum gelingt es der Menschheit nicht, dieses zentrale Problem zu lösen? Eine Antwort liefert die Psychologie: Sie zeichnet das Bild eines Menschen, der gut auf akute Gefahren reagieren kann. Mit abstrakten Gefahren hingegen weiß er nur bedingt umzugehen. Also verdrängt oder leugnet er lieber, anstatt zu handeln. Oder versteckt sich in der Herde, anstatt mutig voranzuschreiten. Oder schaut auf andere, anstatt sein eigenes Verhalten kritisch zu hinterfragen. Das ist alles allzu menschlich.

Man kann diese psychologische Barriere durchbrechen, wenn man Nachhaltigkeit nicht mehr nur als Bürde, sondern auch als Chance sieht. Als Institut forschen wir deshalb gemeinsam mit unseren Partnern an Lösungen und Konzepten, die nachhaltiges Verhalten belohnen. Im Projekt »ESSEM« arbeiten wir daran, das Fahrradfahren sicherer zu machen (S. 6). Mit »ubstack« haben wir ein Tool entwickelt, das E-Flotten effizient managt (S. 18). Im Projekt »Cyclometric« erforschen wir, wie sich nachhaltige industrielle Produktion für Unternehmen lohnt (S. 20). Und mit dem Projekt »BANULA« wollen wir den Betrieb und die Nutzung von Ladestationen vereinfachen (S. 34).

So unterschiedlich diese Projekte sind, sie haben doch eines gemeinsam: Sie betrachten Nachhaltigkeit zwar auch als moralische Verpflichtung, ihr Ziel ist es aber, umweltfreundliches Verhalten attraktiv und profitabel zu machen. Das nennen wir »Geschäftsmodell Nachhaltigkeit« – und laden Sie zum Mitmachen oder Nachahmen ein.

Ich wünsche Ihnen viel Freude mit der neuen Ausgabe von **»FORWARD**

Tobias Höpfer
Teamleiter »Smart Energy Systems«

Alle Inhalte und vieles mehr finden Sie in der Onlineausgabe und unter:

www.iao.fraunhofer.de

6

Eine Stadt zeigt Gefühl
Osnabrück will zur Fahrradstadt werden. Doch was, wenn Radelnde sich nicht sicher fühlen? Auf der Suche nach den Stresspunkten im Straßenverkehr.

14

Vom Wandel profitieren
Erneuerbare Energien und nachhaltige Mobilität sind gesamtgesellschaftliche Aufgaben. Im Interview sprechen die Fraunhofer-IAO-Experten Sebastian Stegmüller (l.) und Tobias Höpfer über die Frage, wie der Wandel gelingen kann.

Inhalt

20 **Kreislaufwirtschaft mitdenken – von Anfang an**
Wie gestaltet man Autos möglichst ressourcenschonend? Eine Software, die am Fraunhofer IAO und am IAT der Universität Stuttgart entwickelt wird, hilft, die Weichen früh zu stellen.

24

Enter gut, alles gut
Das Center for Responsible Research and Innovation CeRRI des Fraunhofer IAO führt Unternehmen und Verwaltungen in die Zukunft. Auf den Spuren der neuen Digitalkultur.

Schwerpunkt
ENERGIE UND MOBILITÄT

2 **Die Kurve kriegen**
Wie man mit dem Flügel eines Windrads links abbiegt.

4 **News**
Aktuelles aus unserer Forschung

6 **Eine Stadt zeigt Gefühl**
Wo fühlen sich Radfahrende unsicher? Das Projekt »ESSEM« liefert Antworten.

12 **Alles umsteigen, bitte!**
Unsere Infografik zeigt, wie es um Energie- und Mobilitätswende in Deutschland bestellt ist.

14 **Vom Wandel profitieren**
Sebastian Stegmüller und Tobias Höpfer im Gespräch.

18 **Flottenmanagement neu gedacht**
Aus dem Labor auf den Markt: Das Tool »ubstack« hilft, Fuhrparks zu organisieren.

20 **Kreislaufwirtschaft mitdenken – von Anfang an**
Eine Software hilft Unternehmen, nachhaltiger zu produzieren.

23 **Mit Quantencomputing KI aufs nächste Level heben**
Automatisiertes Lernen beschleunigen – mit Quanten-ML

24 **Enter gut, alles gut**
Auf den Spuren der neuen Digitalkultur

29 **Das fahrende Labor**
Wie fühlen sich Menschen, wenn das Auto selbst fährt? Eine Studie sucht Antworten.

33 **Krisen besser meistern**
Stefan Voßschmidt im Interview

34 **Eine für alle**
Das Projekt »BANULA« schafft Ordnung im unübersichtlichen Ladesäulen-Wald.

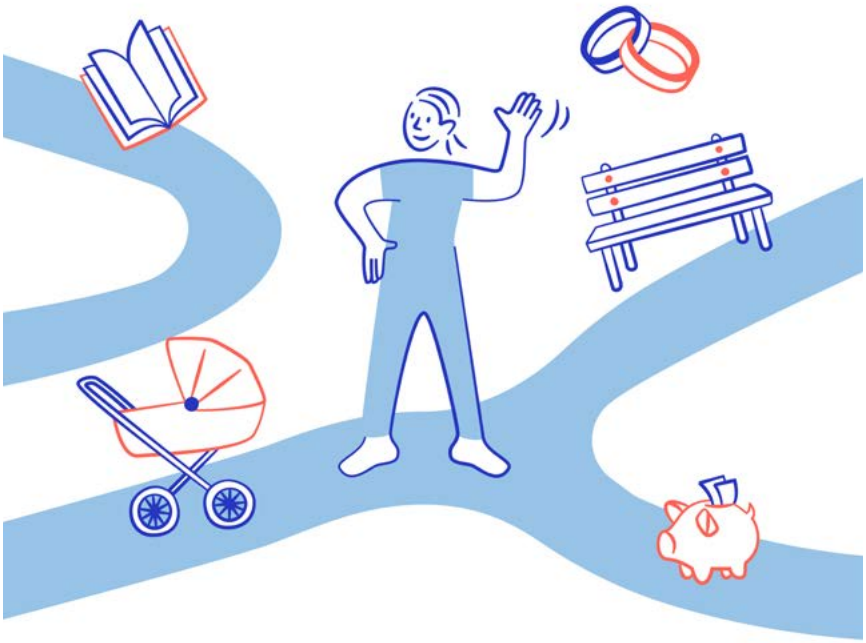
36 **Der Wegbereiter**
Dr. Truong Le im Porträt

Die **KURVE** kriegen

Am 18. Juli 2024 wird die Ortschaft Ammern in Thüringen für diesen Schwertransport zum Nadelöhr: 75 Meter misst das Rotorblatt einer Windkraftanlage, das auf der Ladefläche eines Schwertransporters mit zehn Achsen die Ortschaft passieren muss. Läge das Ungetüm in der Horizontalen, wäre die Reise an dieser Kreuzung zu Ende. Dass die Fahrt weitergeht, ist nur dem sogenannten Badelifter zu verdanken, mit dem man den Flügel um bis zu 60 Grad nach oben schwenken oder um die eigene Achse drehen kann. Mit dem Spezialgerät gelingt das heikle Manöver an diesem Tag ohne Kollisionen – wie schon so viele Male zuvor.

Der Schwertransport lässt sich als Symbol für die Energiewende als Ganze lesen. Denn so wie dieser Flügel im Grunde zu groß für unsere bebaute Umwelt ist, so stellt die Umstellung auf erneuerbare Energien auch in manch anderer Hinsicht bestehende Systeme infrage: Die Netzinfrastruktur muss aus- und umgebaut werden. Stromspeicher, die grünen Strom verfügbar halten, wenn mal kein Wind weht und keine Sonne scheint, müssen errichtet werden. Kurz: Die Welt, wie wir sie kennen, muss sich grundlegend wandeln.

Das Foto von dem Abbiegemanöver in Ammern sendet aber noch eine Botschaft: Es gibt kaum ein technisches Problem, das sich nicht lösen lässt. Es braucht nur eine ordentliche Portion Ingenieurskunst und eine Prise Mut. ■



Die **ZUKUNFT** absichern

Hinterher ist man immer schlauer? Vielleicht. Bei finanzrelevanten Themen ist diese Einsicht jedoch teuer erkauft. Hier setzt ein neues digitales Tool an, das im Rahmen des Projekts »Wirtschaftliche Eigenständigkeit im Laufe des Lebens« am Center for Responsible Research and Innovation CeRRI des Fraunhofer IAO entstand: Die »Lebenskarte Eigenständigkeit« möchte Menschen helfen, die finanziellen Auswirkungen wichtiger Lebensentscheidungen besser zu verstehen, um sinnvoller planen zu können. Das Tool bündelt Informationen zu Karriereplanung, Familiengründung oder Altersvorsorge und bietet damit Orientierung. »Unser Ziel ist, Menschen zu befähigen, ihre wirtschaftliche Zukunft aktiv zu gestalten – unabhängig von traditionellen Rollenerwartungen«, sagt Simone Kaiser, Leiterin des CeRRI. »Würden Teilzeitkräfte ihre Stundenumfänge vollzeitnah erhöhen, ließe sich darüber auch die Erwerbsquote steigern – ein wichtiger Hebel, um dem Fachkräftemangel zu begegnen.«

KI-Tools in der **WISSENSCHAFT**

Wie in anderen Branchen spielt die Künstliche Intelligenz auch in Forschungseinrichtungen eine große Rolle – nicht nur als Untersuchungsgegenstand, sondern auch als Arbeitswerkzeug. Doch wie gehen die Mitarbeitenden in solchen Organisationen mit KI-Tools um? Welche nutzen sie, wie erleben sie deren Einsatz? Die gemeinsame Studie »AI@PRO« des Fraunhofer IAO und des Max-Planck-Instituts (MPI) für Innovation und Wettbewerb widmete sich genau dieser Frage. Anfang 2025 gab es erste Ergebnisse zu Erfahrungen und Erwartungen der Beschäftigten aus Forschung und Verwaltung. Beim Fraunhofer IAO zeigten sich Unterschiede: Während Forschende KI-Tools meist zum Testen einsetzen (54 Prozent) oder als Unterstützung zum Programmieren (43 Prozent) und Schreiben (36 Prozent), nutzen Verwaltungsangestellte diese, um Informationen zu verarbeiten (67 Prozent), zu beschaffen (60 Prozent) und auszuwerten (34 Prozent). Die meisten Befragten erwarten, dass KI ihren Arbeitsbereich transformieren wird (58 Prozent), nur 3 Prozent gehen von minimalen Auswirkungen aus. Die Erkenntnisse aus der Studie sollen künftig dazu beitragen, die KI-Strategien der jeweiligen Einrichtungen zu optimieren.

Die **ENERGIE** von morgen entdecken

Wie werden wir morgen Strom und Wärme produzieren und speichern? Fragen wie dieser widmet sich das Wissenschaftsjahr 2025. Unter dem Titel »Zukunftsenergie« bieten zahlreiche Universitäten, Forschungsinstitute, Unternehmen und Vereine in diesem Jahr Veranstaltungen, Projekte und Aktionen an. Alle Infos unter: Wissenschaftsjahr.de

INFORMIERT bleiben

Neueste Studien, gestartete Projekte und was sonst noch alles an unserem Institut passiert, finden Sie in unseren aktuellen Meldungen:

iao.fraunhofer.de/m250112

Neuer Podcast: **»CULTURE ANALYTICS«**

Wie können Unternehmen effizient sein und gleichzeitig innovativ bleiben? Wie viel Homeoffice ist ideal für ein Team? Welche Arbeitswerte sind entscheidend? Solchen Fragen gehen Dr. Clemens Striebing und Daniel-Leonhard Fox in ihrem Podcast »Culture Analytics« nach, der im September 2024 auf Spotify startete. Die Wissenschaftler vom Center for Responsible Research and Innovation CeRRI des Fraunhofer IAO widmen sich Themen rund um Organisationskultur und Wandel in der Arbeitswelt und besprechen mit Gästen, wie sich Veränderungsprozesse in Unternehmen unterstützen lassen. Jede Folge bietet praxisnahe Impulse für den Wandel, basierend auf aktuellen Forschungsergebnissen und Best Practices. Der Podcast richtet sich an Führungskräfte, HR-Profis und alle, die die Kultur ihrer Organisation besser verstehen und gestalten möchten. Neue Folgen erscheinen alle zwei Monate.

DABEI sein

Vom Business Breakfast über das Zukunftsforum bis hin zum DigitalDialog – alle Veranstaltungen finden Sie in unserem Kalender. Wir freuen uns auf Ihren Besuch!

iao.fraunhofer.de/m250113

Haben Sie auch eine Frage an unsere Expertinnen und Experten? Auf der letzten Seite dieses Hefts können Sie diese per QR-Code einsenden. »

Nora Fanderl

Teamleiterin »Mobility Ecosystems« am Fraunhofer IAO

Gute **FRAGE**

Was ist bei der Planung und Gestaltung urbaner Mobility-Hubs zu berücksichtigen, damit sie für Nutzerinnen und Nutzer attraktiv und für Eigentümer sowie Betreiber wirtschaftlich sinnvoll sind?

Die Planung von Mobility-Hubs ist komplex. Es gibt keine universelle Lösung, weil jeder Standort seine eigenen Anforderungen hat. Einige Faktoren lassen sich dennoch benennen, um sie erfolgreich zu implementieren.

Vorab eine Begriffsklärung: Mobility-Hubs, in Deutschland auch als Mobilitätsstationen bekannt, sind Knotenpunkte, an denen verschiedene, nachhaltige Verkehrsmittel miteinander verknüpft werden, um Reisenden einen nahtlosen Wechsel zwischen den Mobilitätsformen zu ermöglichen. Sie liegen oft in direkter Nähe zu ÖPNV-Knotenpunkten, aber auch in Wohnquartieren oder an Points of Interest und bieten Dienstleistungen wie Carsharing, Fahrradverleih und E-Scooter sowie Ladeinfrastruktur und Fahrradparkhäuser an. Das Ziel ist, Reisenden eine einfache und bequeme Verknüpfung von nachhaltigen Verkehrsmitteln zu bieten, sodass sie ihr privates Auto nicht nutzen müssen. Geschickt geplant, könnten Hubs gar zu Begegnungsorten mit hoher Aufenthaltsqualität werden.

Bei der Planung von Mobility-Hubs sind zwei Punkte entscheidend: der Standort und die Funktion. Wo wird ein Hub benötigt? Wo sind intermodale Wegeketten unterbrochen? Welche Dienste werden gebraucht? Um tatsächliche Bedarfe zu ermitteln, wäre es ratsam, die Bewohnerinnen und Bewohner einzubinden. An manchen Orten sind Sharing-Angebote gefragt, an anderen eher Parkplätze für private Fahrräder oder Ladeinfrastruktur. Bauliche Maßnahmen wie Barrierefreiheit, Wetterschutz, gute Beleuchtung und Sicherheit sind weitere wichtige Aspekte, neben der Integration der multimodalen Mobilität in digitale Informations- und Ticketsysteme.

Zu überlegen ist außerdem, welche zusätzlichen Dienstleistungen einen Hub attraktiver machen könnten. Noch steckt das Integrieren ergänzender Angebote in den Kinderschuhen. Da Hubs aber Gebiete beleben können, bieten sich Gewerbetreibenden Chancen. Bräuchte es ein Café, Geschäfte, eine Paketstation? Vielleicht eine Kita oder Co-Working-Spaces? Selbst Veranstaltungskonzepte sind denkbar. Solche Angebote fördern letztlich nicht nur die Nutzung der Hubs und damit die nachhaltige Mobilität – sondern werten eine gesamte Umgebung auf. ■

Eine Stadt zeigt **GEFÜHL**

167 000 Einwohnerinnen und Einwohner und ein Ziel: Die niedersächsische Großstadt Osnabrück arbeitet an der Mobilitätswende – sie setzt aufs **Rad**. Doch was, wenn man sich darauf nicht sicher fühlt? Eine Studie unter der Leitung des IAT der Universität Stuttgart lenkt den Blick auf die Orte in der Stadt, die Radfahrende als besonders stressig erleben.

Hoch hinaus: Im »Bike Tower«, einem 16 Meter hohen Parkhaus am Osnabrücker Altstadtbahnhof, können rund 160 Fahrräder geschützt abgestellt werden.

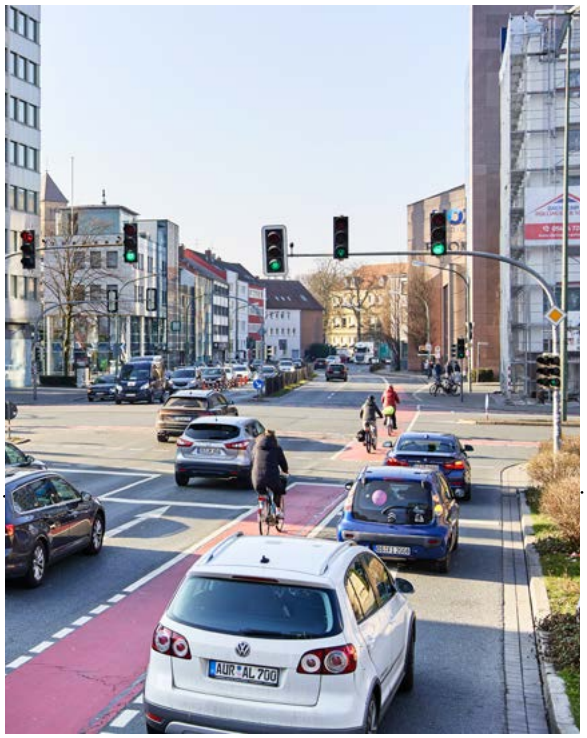
Maximilian Heinke hat mal wieder Stress. Gerade noch ging es für ihn entspannt geradeaus, doch jäh enden die schützenden Betonbarrieren entlang seiner Radspur – und Autos kreuzen plötzlich seinen Weg, als sie rechts abbiegen wollen. Er bremst das Lastenrad leicht ab, schaut nach links. Dann entscheidet er sich für die Flucht nach vorn, die Ampel leuchtet ihm grün zu, und er lenkt sein Gefährt über die Kreuzung am Berliner Platz in Osnabrück. Geschafft. »Das gab an dieser Stelle fette Ausschläge nach oben«, sagt er. Wie, wann: Spürte er eben Stress? »Nicht wirklich, aber er war da. Immerhin haben wir ihn bei Testfahrten hier mehrere Male eindeutig gemessen.«

Heinke, 27, ist auf dem Weg zu seinem Büro. Sein Job: Mobilitätsplaner bei der Stadt. Seine Mission der vergangenen drei Jahre: Stress im Radverkehr aufspüren und Letzteren sicherer sowie komfortabler machen. Hilfsmittel dafür waren ein Handy in der Hosentasche und ein Sensorband am Armgelenk, Typ »Empatica e4«. Dieses geht physischen Reaktionen und letztlich Gefühlen auf den Grund, die einem nicht immer bewusst sind. Aber diese Emotionsreaktionen wie etwa Ärger oder Angst können einen Faktor dafür bilden, ob man aufs Rad steigt oder nicht.

Und das Rad wollen sie in Osnabrück fördern, bis 2030 plant die Kommune mit ihren rund 167 000 Einwohnerinnen und Einwohnern den Aufstieg in die Top 5 der deutschen Fahrradstädte. Ihr hilft dabei eine wissenschaftliche Detektivarbeit, die das IAT der Universität Stuttgart zusammen mit seinen Projektpartnern zwischen Januar 2022 und Dezember 2024 in Osnabrück leistete: »Emotionsmessung für (E-)Fahrradsicherheit und Mobilitätskomfort« (ESSEM) – beim vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) geförderten Projekt wurden im Verkehr Momente von Unsicherheitsgefühlen gesucht,

Autor
Jan Rübel
Fotograf
Aristidis Schnelzer

Radtour mit Hindernissen: Mobilitätsplaner Maximilian Heinke zeigt unseren Reportern jene Orte in Osnabrück, die für Pedalisten problematisch sind.



Zum Beispiel der Berliner Platz in der Osnabrücker Innenstadt. Hier gibt es keine physische Grenze zwischen Fahrbahn und Fahrradweg.

lokalisiert und interpretiert. Denn zweifellos ist eine Mobilitätswende Gebot der Stunde; die bisherige Flächennutzung im öffentlichen Raum gerät nicht optimal, sie überlässt vieles dem gestiegenen Autoverkehr, sorgt für schlechte Luft und Laune – weniger Lebensqualität. Für eine echte Wende aber braucht es einen Ausbau aktiver Mobilitätsformen wie Radfahren.

»Wir wollen nun die Radspur nach rechts verlegen«, sagt Heinke, als sein Lastenrad den Berliner Platz hinter sich lässt. »So würden die Autos auf Abstand bleiben.« Dies ist eine von mehreren Erkenntnissen, welche die Emotionsmessung mittels der »Wearable-Technologie« bei »ESSEM« lieferte. Im Büro wirft Heinkes Laptop eine Stadtkarte auf einen badewannengroßen Monitor an der Wand. Adern wie in einem Blutsystem verlaufen darauf in verschiedene Richtungen, das sind die Straßen. Gerade im Citybereich färben sich viele blau, »da wurde Stress ermittelt«; dann gibt es auf ihnen rote Punkte, »das sind Hotspots von Ungemach im Radverkehr«.

Das dreijährige Projekt schickte 87 Probandinnen und Probanden durch die Straßen Osnabrücks. Sie ermittelten in 914 Stunden Fahrtzeit genau 55 248 Stressmomente. Die dafür ihnen mitgegebenen Handys und Sensorbänder lieferten sie ab, und Heinke übermittelte die gesammelten Daten ans Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Denn das IAT der Universität Stuttgart hat für dieses Projekt ein Konsortium gegründet: Neben dem Fraunhofer IAO beteiligten sich das KIT, die Paris Lodron Universität Salzburg, das Unternehmen Outdooractive AG und der Allgemeine Deutsche Fahrrad-Club (ADFC).

Der Monitor zeigt jetzt eine Exceltabelle mit Zahlen und Sonderzeichen, die runterratternden Gitter verschwimmen vor den Augen. »Die Empatica-e4-Bänder erhoben Daten zu Zeit, Position und Geschwindigkeit«,

»
Stressfaktoren: 87 Probandinnen und Probanden sammelten in 914 Stunden Fahrtzeit 55 248 Stressmomente. Maximilian Heinke präsentiert die Ergebnisse im Interview.

«
Gefühlsmesser: Mit diesen elektronischen Armbändern (links in der Nahaufnahme) wurden die körperlichen Reaktionen der Probandinnen und Probanden erfasst.

sagt Heinke. »Aber sie notierten noch mehr: Stress zeigt sich durch eine sinkende Hauttemperatur und eine steigende Hautleitfähigkeit, das ist der sogenannte Angstschweiß.« Für diese Ausschläge interessierten sich die Forschenden besonders.

An der Uni Salzburg hatte man einen Algorithmus trainiert, der genau diese Stressmomente herausfiltert. Jene Daten legten sie am KIT zusammengefügt übereinander als eine Dichtekarte – fertig war die »Heatmap«. Doch damit wusste man längst nicht, was den jeweiligen Stress verursacht. Die Daten kontextualisierte das »ESSEM«-Team, indem die Testpersonen Fragebögen beantworteten und in einem Workshop ihre Erfahrungen diskutierten. In einer Kontrollstudie wurden sie auf vorgegebene Routen geschickt, zwecks eines genaueren Checks der Stressausschläge. »Damit wurde eine Wissenslücke geschlossen«, sagt Heinke und klappt den Laptop zu. »Wir erfuhren konkret, wo Handlungsbedarf nach Stressparametern besteht.«

250 Meter nördlich vom Büro, am Hasetorwall, steht Heinke nun an solch einem ehemaligen Hotspot. Die Radverkehrsbeauftragte der Stadt, Ulla Bauer, ist aus dem Verwaltungsbau, einem ehemaligen Dominikanerkloster, hinzugekommen und inspiziert mit ihm die Straße. »Der Radfahrstreifen hier war bis vor Kurzem nur 1,20 Meter breit«, sagt sie. Autos rauschten also knapp an Rädern vorbei. Kurzerhand strich die Kommune die Parkstände am Straßenrand und verbreiterte damit die Fahrradspur. »Ich arbeite seit 30 Jahren bei der Stadt, in verschiedenen Funktionen«, sagt Bauer. »Parteiübergreifend hat sich die Erkenntnis herausgeschält: So geht es mit dem Autoverkehr nicht mehr weiter. Eine Wende musste her.« Seit Jahren nutzen immer mehr Osnabrücker zur Fortbewegung zwei statt vier Räder. »Dem tragen

»Parteiübergreifend hat sich die Erkenntnis herausgeschält: So geht es mit dem Autoverkehr nicht mehr weiter. Eine Wende musste her.«

Ulla Bauer
Radverkehrsbeauftragte der Stadt Osnabrück

Die Richtung stimmt: Osnabrück lernt von »Europas Fahrradhauptstadt« Kopenhagen.

wir Rechnung und fördern diesen Trend. Es ist doch so: Man setzt sich auf das Fahrrad, fährt los und gut ist!« Radfahren, fügt sie hinzu, bringe im Alltag »diese Lächeln-Momente«, man sehe und grüße sich. »Das entspannt.« Vorausgesetzt, es gibt keinen Stress.

Osnabrück lernt dabei von anderen Kommunen, etwa von niederländischen jenseits der rund 90 Kilometer entfernten Grenze, oder von Kopenhagen. Seit den vorigen Siebzigern hat die Hauptstadt Dänemarks ihr Radwegenetz verdoppelt. Radfahren sollte schnell, einfach und sicher sein. Diese Stadtplanung entsprang keiner Ideologie, sondern nüchterner Betrachtung, nämlich aus einem bedürfnisorientierten Ansatz heraus, der den Zweirädern schließlich Vorfahrt gewährte: Dänische Sozialökonomen errechneten, dass Radverkehr im Vergleich mit Autofahren zu weniger Krankheitstagen führt und damit das Gesundheits- wie das Wirtschaftssystem entlastet; von den Kosten für beide durch Unfalltote ganz zu schweigen. Rad statt Auto führte zu mehr Zufriedenheit. Hinzu kamen Ersparnisse bei Straßenunterhaltungskosten – eine Win-win-Situation für alle Einwohnerinnen und Einwohner, die mittlerweile zu 45 Prozent zur Arbeit, zur Schule oder zur Uni auf Sätteln pendeln.

Auch in Deutschland hat man die Bedeutung des Radverkehrs und die Notwendigkeit seiner stärkeren Förderung erkannt. »Es gibt einen ehrgeizigen Nationalen Radverkehrsplan und gute technologische Einzellösungen«, sagt Heinke, als er sich wieder auf sein Lastenrad schwingt. »Aber oft hapert es an der Verknüpfung.« Was meint er damit? »Die Straßen sind da. Aber man kann sie ganzheitlicher betrachten. Wie etwa mit dem Public-Health-Ansatz in Kopenhagen.« Eine Studie des Fraunhofer ISI ergab im Jahr 2024, dass Deutschland den Radverkehrsanteil auf Wegen bis 30 Kilometer Länge bis 2035 »

»Mit ›ESSEM‹ machen wir subjektive Wahrnehmungen, die durchaus wirkmächtig sind, greif- und sichtbar.«

David Agola

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Team »Mobility Ecosystems« am IAT der Universität Stuttgart

Rahmendaten: In der Katharinenstraße werden Fahrradfahrerinnen und Fahrradfahrer automatisch gezählt.

von derzeit 13 auf 45 Prozent verdreifachen und die Verkehrsemissionen im Nahbereich um 34 Prozent reduzieren kann. 19 Millionen Tonnen CO_2-Äquivalente können jährlich eingespart werden, wenn die Radwege hervorragend ausgebaut, gute Schnittstellen mit Bus und Bahn geschaffen und die Kommunen fahrradfreundlich mit kurzen Wegen geplant werden. Heinke: »Alles kann ausgehandelt werden.«

Dafür braucht es Fakten. Ein Anruf bei Nora Fanderl und David Agola in Stuttgart, die beiden arbeiten im Team »Mobility Ecosystems« am IAT der Universität Stuttgart und dem Fraunhofer IAO, wo »ESSEM« geboren wurde. »Das Verkehrssystem ist überlastet, da kommen wir zu Abwägungsfragen – wenn unsere Gesellschaft eine zukunftsfähige Mobilität will«, sagt Fanderl. »Mit ›ESSEM‹ machen wir subjektive Wahrnehmungen, die durchaus wirkmächtig sind, greif- und sichtbar«, ergänzt Agola. »ESSEM« habe in Osnabrück einen Prozess pilothaft abgebildet, den andere Kommunen nachvollziehen können. Überhaupt, sagt er: die Nutzung unterschiedlicher Datenquellen, um Verkehrserleben zu messen und zu analysieren, würde in der Zukunft noch ein größeres Thema werden. Mit dem Unternehmen Outdooractive arbeiten sie im Team an einer appbasierten Navigationslösung für Radfahrende, die stressreduzierte Routen vorschlägt. »Wir forschen in unserem Innovationsnetzwerk gemeinsam mit anderen Unternehmen, wie fortschrittliche Technologien das Sicherheitsempfinden steigern können.« Der Emotion-Sensing-Ansatz von »ESSEM« wurde so auch bei Produkten wie Abstandsmessern und Airbag-Rucksäcken fürs Rad getestet. »Das hat großes Potenzial.«

Auch Osnabrück steckt erst mittendrin in der Mobilitätswende. Heinkes Gefährt passiert auf der Katharinenstraße, wo Räder »bevorrechtigt« sind, wie er es formuliert, als zweitausendundachtund-

Speichenkapazität: Auf über 4000 Quadratmetern bietet die zweitgrößte Radstation Deutschlands in Osnabrück Platz für 2300 Fahrräder für Tages- und Dauerparker sowie feste persönliche Stellplätze, die noch mehr Sicherheit und Komfort bieten.

Full Service: Neben einer Fahrradwerkstatt gibt es in der Radstation auch eine vollautomatische Waschanlage für Fahrräder.

Shared Space: In dieser Osnabrücker Straße begegnen sich Passantinnen und Passanten, Fahrräder und Autos. Hier, wie überall im Straßenverkehr, heißt die oberste Regel: Rücksichtnahme.

zwanzigstes Rad dieses Tages einen elektronischen Zählposten, es ist 14:26 Uhr. Zwei Kilometer östlich pausiert er am Bahnhof bei der 2023 eingerichteten »Radstation«: Ein Parkhaus wurde umgewidmet und seitdem von 42 000 Radfahrenden zum Unterstellen benutzt, »zu 99 Prozent sind es Pendlerinnen und Pendler, die mit dem Zug weiterfahren«, sagt ihm ein Angestellter. »Einmal rundum?«, fragt er. »Muss weiter«, entgegnet Heinke, diesmal schiebt er sein Rad nicht in eine vollautomatische Waschanlage, wie man sie eigentlich nur für Autos kennt.

Gegen Ende seines Diensttags erlebt Heinke einen Stress der besonderen Art: Seine genommene Straße durchquert eine Fußgängerzone, Passantinnen und Passanten tasten sich auf Zebrastreifen an die bremsenden Räder heran. »Auch an dieser Stelle haben wir interessanterweise bei »ESSEM« Stress gemessen«, sagt Heinke und lächelt. »Radfahrer ärgern sich, weil sie Rücksicht nehmen müssen.« Man kriege den Stress halt nie ganz aus der Stadt. Aber: »Alles kann ausgehandelt werden.« ■

Online weiterlesen

In der Webversion dieses Beitrags finden Sie weitere Informationen über unsere Forschung im Bereich Mobilitätssysteme.

iao.fraunhofer.de/m250101

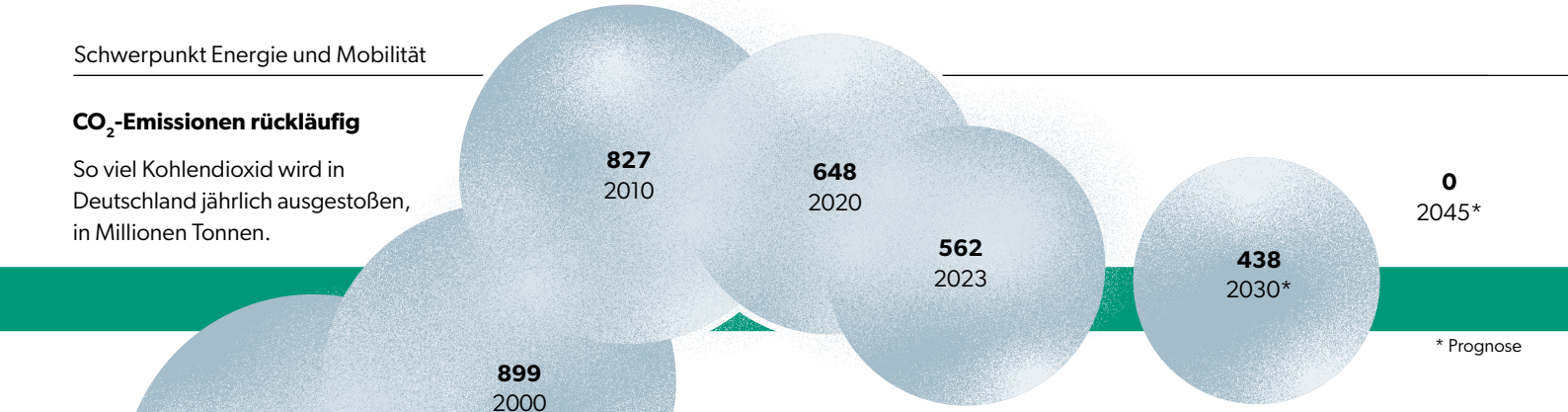
» AUF DEM WEG ZUR KLIMANEUTRALITÄT

Alles **UMSTEIGEN** bitte!

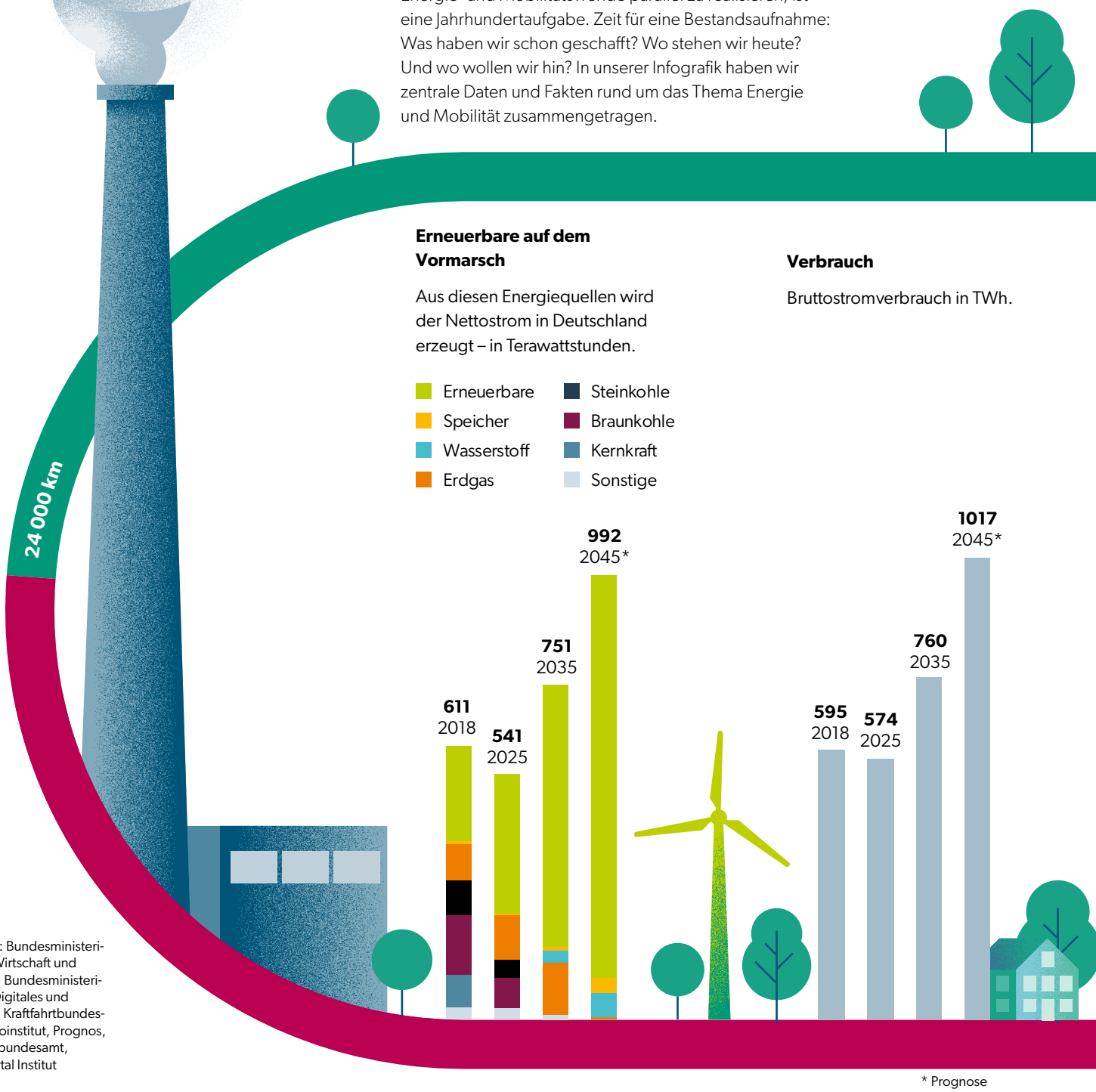
Energie- und Mobilitätswende parallel zu realisieren, ist eine Jahrhundertaufgabe. Zeit für eine Bestandsaufnahme: Was haben wir schon geschafft? Wo stehen wir heute? Und wo wollen wir hin? In unserer Infografik haben wir zentrale Daten und Fakten rund um das Thema Energie und Mobilität zusammengetragen.

CO_2-Emissionen rückläufig

So viel Kohlendioxid wird in Deutschland jährlich ausgestoßen, in Millionen Tonnen.



* Prognose



Erneuerbare auf dem Vormarsch

Aus diesen Energiequellen wird der Nettostrom in Deutschland erzeugt – in Terawattstunden.

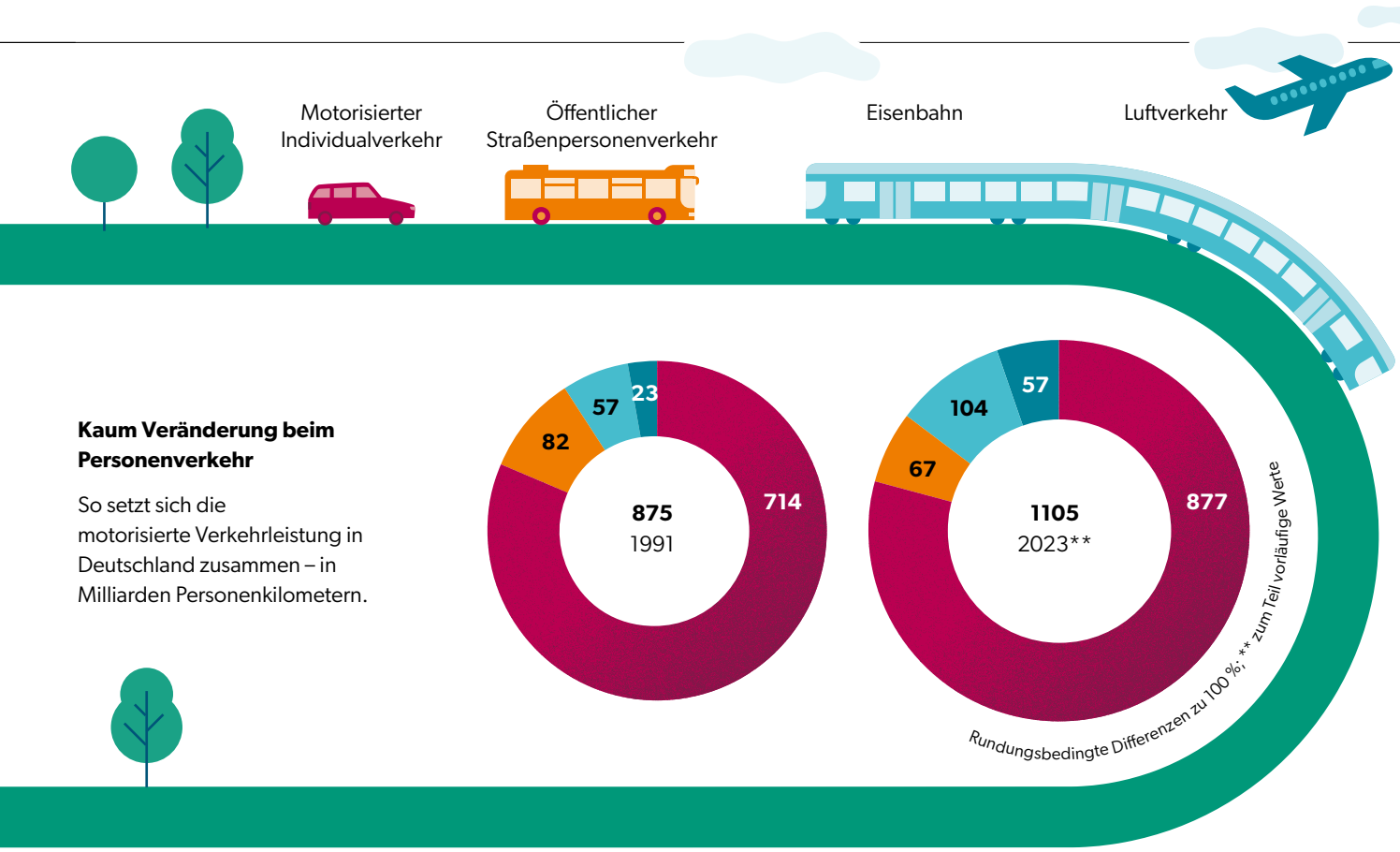
- Erneuerbare
- Speicher
- Wasserstoff
- Erdgas
- Steinkohle
- Braunkohle
- Kernkraft
- Sonstige

Verbrauch

Bruttostromverbrauch in TWh.

* Prognose

Quellen: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Kraftfahrtbundesamt, Ökoinstitut, Prognos, Umweltbundesamt, Wuppertal Institut



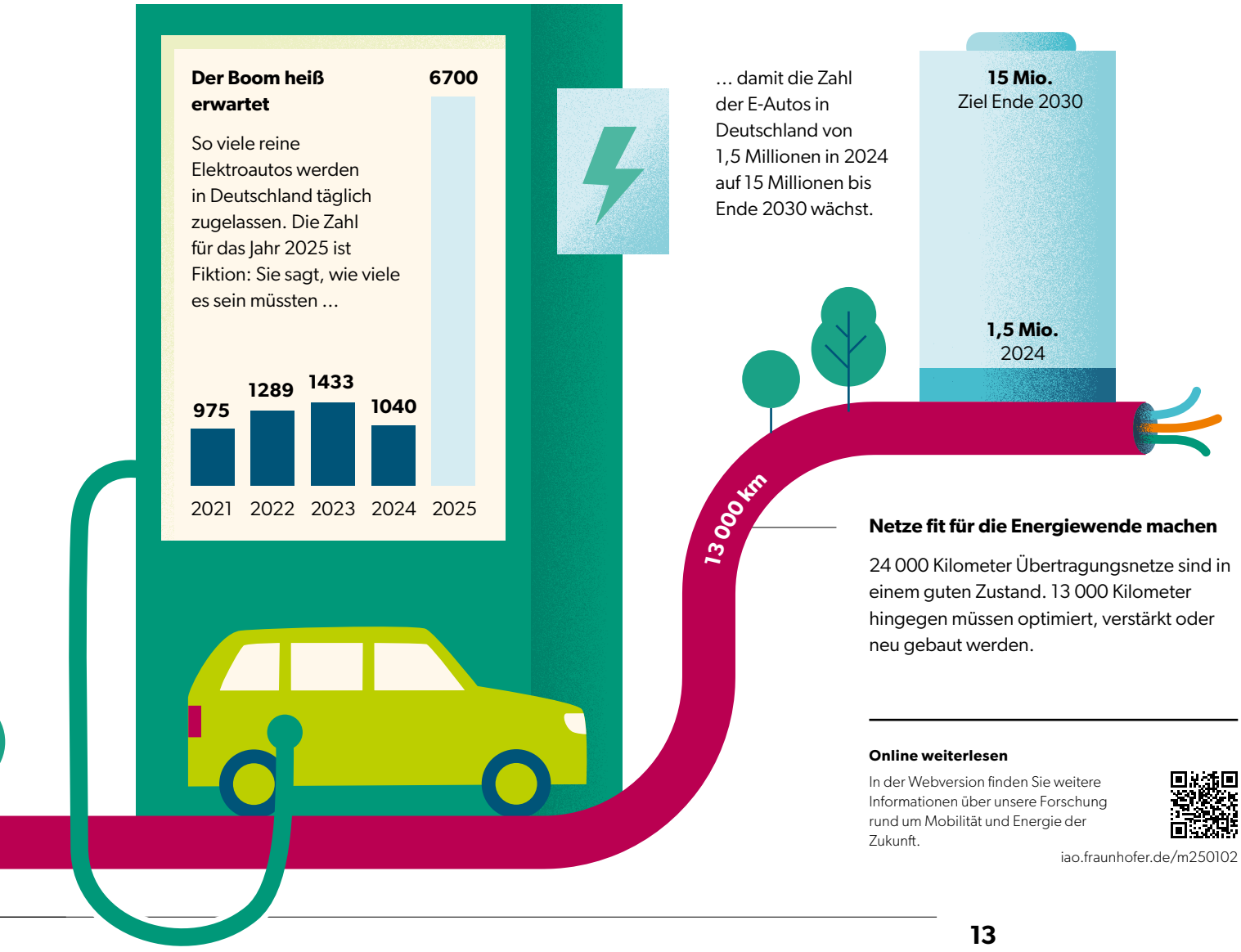
Kaum Veränderung beim Personenverkehr

So setzt sich die motorisierte Verkehrleistung in Deutschland zusammen – in Milliarden Personenkilometern.

Der Boom heiß erwartet

So viele reine Elektroautos werden in Deutschland täglich zugelassen. Die Zahl für das Jahr 2025 ist Fiktion: Sie sagt, wie viele es sein müssten …

… damit die Zahl der E-Autos in Deutschland von 1,5 Millionen in 2024 auf 15 Millionen bis Ende 2030 wächst.



Netze fit für die Energiewende machen

24 000 Kilometer Übertragungsnetze sind in einem guten Zustand. 13 000 Kilometer hingegen müssen optimiert, verstärkt oder neu gebaut werden.

Online weiterlesen

In der Webversion finden Sie weitere Informationen über unsere Forschung rund um Mobilität und Energie der Zukunft.

iao.fraunhofer.de/m250102

Gemeinsam neue Wege erkunden: Sebastian Stegmüller (l.) berät und begleitet Unternehmen aus dem Mobilitätssektor bei der Entwicklung neuer Technologien und Geschäftsmodelle. Tobias Höpfer beschäftigt sich mit Innovationen im Bereich der erneuerbaren Energien. Oft hängt das eine eng mit dem anderen zusammen.

» IM GESPRÄCH

»Wer **VORAUSSCHAUEND** agiert, kann von diesem Wandel **PROFITIEREN**«

Der Umstieg auf erneuerbare Energien und der Wandel hin zu einer nachhaltigen Mobilität sind gesamtgesellschaftliche Aufgaben. Doch wie bewegt man die Menschen dazu, sich an der Wende zu beteiligen? Im Interview sprechen die Fraunhofer-IAO-Experten **Tobias Höpfer** und **Sebastian Stegmüller** über die Frage, wie man die richtigen Anreize setzt.

Herr Höpfer, Deutschland hat sich das Ziel gesetzt, bis 2045 »klimaneutral« zu sein, also keine Treibhausgase mehr zu emittieren oder Emissionen vollständig auszugleichen. Können wir dieses Ziel erreichen?
Tobias Höpfer: *Insgesamt sind wir auf einem ordentlichen Weg. Im Vergleich zu 1990 haben wir unsere CO_2-Emissionen um knapp 50 Prozent reduziert. Das ist in erster Linie auf die Umstellung von fossilen auf erneuerbare Energien zurückzuführen, die in hohem Tempo voranschreitet. Im vergangenen Jahr etwa stammten rund 57 Prozent der ins Netz eingespeisten Strommenge aus erneuerbaren Energien. Im Wärmesektor hingegen stehen wir vor ungleich größeren Herausforderungen. Neben Wärmepumpen braucht es hier vor allem den Ausbau regionaler und kommunaler Wärmenetze. Auch im Verkehrssektor sind umfangreiche Maßnahmen notwendig, die schnellstmöglich angegangen werden müssen. Um den Energieverbrauch nachhaltig zu senken, ist zudem die Verbesserung der Energieeffizienz, etwa in Gebäuden und der Industrie, von großer Bedeutung. Das Ziel, bis 2045 klimaneutral zu werden, ist also ambitioniert, aber prinzipiell erreichbar – vorausgesetzt, alle relevanten politischen, technologischen und gesellschaftlichen Maßnahmen werden konsequent und rechtzeitig umgesetzt. Ein langfristiger, ganzheitlicher Ansatz ist hierfür erforderlich, der neben technologischen Innovationen auch strukturelle Veränderungen in der Wirtschaft und soziale Anpassungsmaßnahmen fördert.*

Bleiben wir zunächst bei der Dekarbonisierung der Stromproduktion: Wie lässt sich unsere Energieversorgung angesichts der wetterbedingten Volatilität der Erneuerbaren sicher gestalten?
Tobias Höpfer: *Das gehört zu den zentralen Herausforderungen der Energiewende, ist jedoch lösbar. Es ist entscheidend, das Energiesystem als integriertes Ganzes zu betrachten und auf verschiedene, sich ergänzende Komponenten zu setzen. Ein wesentlicher Punkt ist der Ausbau von Speicherkapazitäten, denn kurzfristig können Batterien oder Pumpspeicherkraftwerke die Stabilisierung des Netzes übernehmen. Im Bereich der Batteriespeicher erleben wir aktuell ein rasantes Wachstum, und derzeitige Prognosen sagen einen Anstieg der Batteriespeicherkapazitäten in Deutschland um mehr als Faktor 10 voraus. Hierbei können in Zukunft auch Elektroautos eine wesentliche Rolle spielen. Bereits in ein paar Jahren könnten die Batterien in E-Autos in Summe die Kapazität der Pumpspeicherkraftwerke und der stationären Batteriespeicher übersteigen – eine interessante Wechselwirkung zwischen Energie- und Mobilitätswende. Leider sind diese Kurzzeitspeicher allein allerdings nicht die Lösung.*

Was braucht es darüber hinaus?
Tobias Höpfer: *Wir benötigen auch Langzeitspeicher und neue Technologien, um Energie über längere Zeiträume zu speichern und saisonale sowie längerfristige Schwankungen zu überbrücken, zum Beispiel während sogenannter Dunkelflauten, wenn der Ertrag aus Windkraft und Photovoltaik nur gering ist. Perspektivisch werden wir Strom deshalb auch in Form von Wasserstoff speichern müssen. Insgesamt stehen wir vor einer Jahrhundertaufgabe: Die Umstellung auf erneuerbare Energien einerseits – und die Dekarbonisierung von Wirtschaft, Industrie, Verkehr, Gebäuden, Landwirtschaft und Gesellschaft andererseits. Während wir den Einsatz konventioneller Energieträger wie Kohle, Gas und Öl reduzieren, werden wir perspektivisch deutlich mehr Strom benötigen – wir gehen hier mindestens von einer Verdopplung von aktuell rund 510 auf mehr als 1000 Terawattstunden im Jahr 2045 aus. Erschwerend kommt hinzu, dass die Umstellung auf erneuerbare Energien das System der Stromversorgung fundamental verändert. Früher hatten wir mehrere Hundert große Gas-, Kohle- und Atomkraftwerke, die unsere* »

»Es ist wichtig, Mobilitätssysteme ganzheitlich zu betrachten.«

Tobias Höpfer
Teamleiter »Smart Energy Systems« am Fraunhofer IAO

Tobias Höpfer studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit Schwerpunkt im Bereich Energiewirtschaft. Im Anschluss war er in der IT- und Prozessberatung in der Automobilwirtschaft tätig. 2019 begann er seine Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am IAT der Universität Stuttgart und wechselte anschließend zum Fraunhofer IAO. Dort leitet er derzeit das Team »Smart Energy Systems« und entwickelt mit seinem Team Lösungen im Rahmen innovativer Forschungs- und Industrieprojekte im Kontext Energiewirtschaft, Elektromobilität und Systemintegration erneuerbarer Energien in das Energiesystem.

Höchstspannungsnetze versorgt haben. Jetzt erleben wir, dass es perspektivisch Hunderttausende kleine, dezentrale Anlagen gibt, welche in die Nieder- und Mittelspannungsnetze einspeisen. Es erfolgt eine Dezentralisierung, die orchestriert werden muss. Das heißt: Wir müssen zum einen in den Ausbau der Netze investieren und zum anderen die Digitalisierung des Energiesystems vorantreiben, um Erzeugung und Verbrauch anzugleichen.

Herr Stegmüller, wir haben es gehört: Die CO_2-Reduktion im Verkehrssektor geht schleppend voran. Wo sehen Sie Stellschrauben, um den Prozess zu beschleunigen?
Sebastian Stegmüller: *Zentral ist hier sicher die Antriebswende, also der Umstieg vom Verbrenner aufs Elektroauto. Gerade die deutschen Automobilunternehmen bieten mittlerweile ein sehr breites Sortiment an Elektroautos an. So werden in den kommenden Jahren auch vermehrt solche Modelle auf den Markt kommen, die sich viele Menschen leisten können. Ich glaube, wir werden bald deutlich mehr E-Autos auf deutschen Straßen sehen. Hinzu kommt die wachsende Ladeinfrastruktur, die bereits eine recht gute Abdeckung gewährleistet. Das ist ein großer Schritt nach vorne.*

Nun meint Mobilitätswende aber nicht nur »Antriebswende«. Ein erklärtes Ziel der Politik ist es auch, den Umstieg auf Alternativen zum Auto zu fördern. Wie kann das gelingen?
Sebastian Stegmüller: *Ich finde, die Debatte ums Auto wird oft zu moralisierend und zu wenig lösungsorientiert geführt. Es reicht nicht, nur »gegen das Auto« zu sein – wenn die Alternativen fehlen. Wer an wirklichen Lösungen interessiert ist, muss zunächst mal verstehen, dass Mobilität Lebensgrundlage für Individuen und Gesellschaft ist. Wenn man sich die Gesellschaft wie einen Organismus vorstellt, dann stellen Straßen, Schienen und Wege ihre Adern dar, durch die das Blut zirkuliert, damit Sauerstoff und Nährstoffe verteilt werden können. Für die reale Welt heißt das: Menschen und Waren müssen sich ungehindert bewegen können, damit Leben, wie wir es kennen und schätzen, möglich ist. Und das Auto ist eben so beliebt, weil es bequem, sicher und flexibel ist. Wer mit dem Auto fährt, muss nicht alles durchplanen, sondern kann auch spontan jemanden mitnehmen oder auf dem Heimweg etwas einkaufen. Und in der Regel ist man auch schnell, zumindest außerhalb von Städten. Für Innenstädte würde ich das nicht unbedingt unterschreiben: Wer in die City will, ist schon jetzt oftmals gut beraten, auf das Auto zu verzichten. Aber wie bewegt man sich stattdessen fort? Hier braucht es innovative Lösungen.*

Wie könnten die aussehen?
Sebastian Stegmüller: *Das können zum Beispiel Apps sein, die einem zeigen, wie man mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln wie Bus und Bahn, Carsharing-Angeboten oder Leihfahrrädern am schnellsten von A nach B kommt. Solche Hilfen machen den Umstieg auf Alternativen zum Auto viel leichter. Der Fachbegriff für diese Art der Fortbewegung lautet »multimodale Mobilität«. Das geht aber nicht von heute auf morgen. Dafür braucht es einen Mindset-Shift, ein neues Bewusstsein für die Vorteile der Mobilität ohne Auto. Städte wiederum können den Wandel befördern, indem sie Mobilitäts-Hubs planen und realisieren, also Drehkreuze für multimodale Mobilität, an denen mehrere Verkehrsträger zusammengeführt werden. In Heilbronn untersuchen wir gerade in einem Projekt, wie man solche Knotenpunkte am besten findet und gestaltet.*

Tobias Höpfer: *Auch unsere Lösungen wie zum Beispiel der »Fleet Optilyzer« haben das Ziel, multimodale Mobilität zu fördern und die Effizienz von Fuhrparks zu erhöhen. Hier geht es darum, den wahren Bedarf an Fahrzeugen im Fuhrpark einer Firma zu ermitteln, damit schlichtweg keine Autos ungenutzt bleiben und lediglich in der Umgebung stehen. Dazu werden z. B. Fahrtenbücher analysiert, um zu verstehen, wie viele Autos wirklich benötigt werden. Zudem kann mit unseren Lösungen ermittelt werden, wie hoch der Prozentsatz an E-Fahrzeugen in einer Flotte sein sollte oder welche Fahrten auf andere Art und Weise – etwa mit einem Jobrad oder mit öffentlichen Verkehrsmitteln – zurückgelegt werden können. Mit solchen Ansätzen helfen unsere Lösungen, einen Fuhrpark effizienter und somit kostengünstiger zu gestalten. Eine zentrale Botschaft unserer Projekte lautet: Energie- und Mobilitätswende sind nicht nur klimapolitisch wünschenswert. Wer vorausschauend agiert, kann auch finanziell von diesem Wandel profitieren.*

Woher wissen Sie eigentlich, welche Maßnahmen wirklich etwas verändern können?
Sebastian Stegmüller: *Das ist in der Tat nicht so einfach. Deshalb führen wir, gefördert vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr, große Untersuchungen durch. Da geht es um die Frage, welche Maßnahme am Ende für mehr Nachhaltigkeit und eine Reduktion der CO_2-Emissionen sorgt. Wichtig ist es dabei, auch ein Stück weit in die Zukunft zu schauen, also zu berücksichtigen, wie sich Technologien und Märkte entwickeln werden und wie Menschen solche Maßnahmen annehmen. Nur dann kann man systemische Innovationen schaffen, die mit Effizienzgewinnen verbunden sind.*

Tobias Höpfer: *Zudem ist es wichtig, Mobilitätssysteme ganzheitlich zu betrachten. Entscheidend für den Erfolg der E-Mobilität ist zum Beispiel auch der Ausbau der Ladeinfrastruktur. Sie muss zum einen flächendeckend verfügbar sein. Zum anderen muss das dahinterliegende Ökosystem benutzerfreundlich sein. Nur so können Nutzerinnen und Nutzer problemlos laden, und die Elektromobilität gewinnt weiter an Akzeptanz. Wie intransparent das heutige System in Teilen ist, habe ich selbst neulich auf der Autobahn erlebt. Als ich meinen Wagen aufladen wollte, konnte ich zwischen der App eines Mobilitätsanbieters und der App des Ladestationsbetreibers wählen. Beim Ladestationsbetreiber kostete die Kilowattstunde 59 Cent, beim Mobilitätsanbieter waren es 89 Cent. So etwas verunsichert die Menschen und mindert ihr Vertrauen in das ganze System. Dies war auch ein Grund für die Initiierung des Projektes »Barrierefreie und Nutzerfreundliche Lademöglichkeiten schaffen«, kurz: »BANULA« [S. 34, Anm. d. Red.]. Ladestationen, die an das BANULA-Ökosystem angebunden sind, bieten Nutzerinnen und Nutzern die Möglichkeit, den Strom ihres eigenen Lieferanten zu laden, und können damit – vereinfacht gesprochen – den eigenen Stromvertrag mit an die Ladestation nehmen. So behalten Nutzerinnen und Nutzer die Kontrolle über die Herkunft und den Preis des Stroms, den sie laden. Diese Transparenz stärkt Vertrauen. Insgesamt schaffen wir mit »BANULA« durch Transparenz und Wettbewerb einen Anreiz für die Beteiligung an der Energie- und Mobilitätswende.*

Wer etwas verändern will, braucht Vorbilder. Welche Projekte laden Ihrer Meinung nach zum Nachmachen ein?
Sebastian Stegmüller: *Oft sind das vor allem die Ideen und Lösungen, die Menschen selbst erleben oder erfahren können: Wie in unserem Projekt »ESSEM« [S. 6, Anm. d. Red.], das wir in Osnabrück durchgeführt haben. Hier wurde untersucht, wo Radfahren in der Stadt derzeit mit Stress verbunden ist. Die Ergebnisse bilden eine gute Grundlage für die Optimierung des Radwegenetzes. Und so könnte das Projekt dazu beitragen, den Anteil des Radverkehrs in der Stadt deutlich zu erhöhen. Als Vorbild dient hier Kopenhagen, wo das Fahrrad längst Verkehrsmittel Nummer eins ist, auch weil es eine entsprechende Infrastruktur gibt.*

Tobias Höpfer: *Im Hinblick auf die Themen Energie und Digitalisierung nenne ich immer gerne das Beispiel Etteln, einen Ortsteil der Gemeinde Borchen bei Paderborn. Etteln produziert mittlerweile das 34-fache des eigenen Stromverbrauchs und hat zudem digitale Technologien in vielerlei Hinsicht ausgebaut – von Carsharing bis zum digitalen Dorfplatz. 2024 wurde Etteln mit dem ersten Preis des globalen »Smart City Wettbewerbs« ausgezeichnet – vor Hongkong. Dieses Beispiel zeigt: Innovation fängt oft im Kleinen an. Es braucht nur den Mut zur Veränderung.* ■

Sebastian Stegmüller

leitet den Forschungsbereich »Mobilitäts- und Innovationssysteme«. Er studierte Wirtschaftsingenieurwesen am KIT mit den Schwerpunkten Innovationen, Unternehmensstrategie und Fahrzeugtechnik. Seine Diplomarbeit zur Bewertung des disruptiven Charakters der Elektromobilität brachte ihn 2010 an das Fraunhofer IAO. Gemeinsam mit seinen Teams forscht er seitdem im Bereich des Innovations- und Technologiemanagements im Kontext der Mobilitätswende und der damit verbundenen Transformation der Automobilindustrie.

Videointerview

Sebastian Stegmüller und Tobias Höpfer fassen zusammen: Was sind die drei größten Chancen von Energie- und Mobilitätswende? Und für wen?

iao.fraunhofer.de/m250103

FLOTTENMANAGEMENT neu gedacht

Vom Forscher zum Geschäftsführer: Julien Ostermann hatte am Fraunhofer IAO mit **»ubstack«** eine Plattform entwickelt, die Unternehmen dabei hilft, die Nutzung ihrer E-Fahrzeuge nachhaltig zu planen und zu steuern. Vor einigen Monaten wagte er den Schritt in die Selbstständigkeit – und vertreibt die Software nun unter dem Namen »Joulify« in eigener Regie.

Nicht jeder Forscher träumt davon, Unternehmer zu werden. Doch manchmal ist eine Idee so stark, dass man sie in die Welt tragen möchte. So erging es Julien Ostermann. Nach zwölf Jahren am Fraunhofer IAO ging er mit seinem Startup »Joulify« im April 2025 an den Markt. Sein Produkt: eine Softwarelösung zur Steuerung des intelligenten Ladens von E-Fahrzeugen.

Damit kam der 36-Jährige seiner Mission einen großen Schritt näher, Firmen auf dem Weg zur Klimaneutralität zu unterstützen und die Elektromobilität in Deutschland voranzutreiben. »Aus technologischer und ökologischer Sicht ist die Elektromobilität unausweichlich und wird mittelfristig den Mobilitätssektor dominieren«, sagt er.

Große Herausforderungen

Ans Fraunhofer IAO kam Ostermann 2013 ein Jahr nach seinem Elektro- und Informationstechnikstudium an der Universität Duisburg-Essen. Er wollte forschen, promovieren sowie Neues lernen und hatte sich auf eine Stelle mit Fokus auf »Geschäftsmodellentwicklung und intelligentes Energie- und Lademanagement für Elektrofahrzeugflotten« beworben. Die Kombination gefiel ihm.

»Damals steckte E-Mobilität in den Anfängen«, erinnert er sich. »Intelligentes Laden war noch kein Thema, denn es gab nur wenige Fahrzeuge und Ladestationen sowie immer ausreichend Strom.« Der Markt entwickelte sich aber weiter und die Aufgabe lautete bald, ein System zu entwickeln, das Unternehmen den Wechsel in die E-Mobilität erleichterte. Deren Hürden waren und sind bis heute nicht trivial: Trotz steigender Anzahl an E-Fahrzeugen blieben Ladestationen nur begrenzt verfügbar. Autos laden je nach Fahrzeugtyp unterschiedlich lange, außerdem stammen E-Wagen sowie Ladesäulen oft von verschiedenen Herstellern mit unterschiedlichen Standards. Eine unkoordinierte Nutzung von Ladesäulen kann die Stromnetze überlasten und dynamisch schwankende Strompreise können nicht genutzt werden. Dabei bieten E-Fahrzeuge Flexibilität. Denn mit dem Konzept »Vehicle-to-Grid« wird das Elektroauto künftig weit mehr sein als nur ein Verkehrsmittel – es wird als mobiler Speicher zum Bindeglied zwischen Mobilität und Energieversorgung und damit zu einem Schlüsselfaktor der Energiewende.

»Das Entscheidende ist: Hier treffen drei Bereiche aufeinander, die bisher getrennt betrachtet wurden: Mobilität, Energie und Ladeinfrastruktur. In Zukunft müssen diese Bereiche aber zusammenarbeiten und sich aufeinander abstimmen, um kostengünstig oder möglichst klimaneutral zu laden – also die Energie optimal einzusetzen, das macht es so komplex«, sagt Ostermann. »Im Grunde bräuchte jeder Betrieb eine individuelle Softwarelösung, die am Standort implementiert werden muss. Das erfordert viel Technologie und Know-how.«

Optimaler Ladefahrplan

Hier kommt »Joulify« ins Spiel, eine Plattform, die Ostermann im Rahmen seiner Promotion entwickelt hat. Sie verbindet das Flotten-, Energie- und Lademanagement miteinander und adressiert die genannten Probleme. »Das Neue daran ist, alle Daten so zusammenzubringen, dass ein stets optimaler Ladefahrplan erstellt werden kann«, erklärt er. Die Software weiß, wann welches Fahrzeug unterwegs ist und bis wann es wie viel Strom benötigt. Sie bindet lokal erzeugte Energie ein, etwa von firmeneigenen Solaranlagen, berücksichtigt die Stromverfügbarkeit sowie aktuelle dynamische Strompreise und Prognosen – daher »intelligent«. Da »Joulify« cloudbasiert ist und herstellerunabhängig funktioniert, hält sich der Initialaufwand in Grenzen. Die Plattform eignet sich für alle Unternehmen, die E-Mobilität bei sich umsetzen wollen – große wie mittelständische, mit eigenem Fuhrpark oder ohne, die aber Mitarbeitenden oder Externen die Infrastruktur bereitstellen wollen. »Alles ab fünf Ladeplätzen ist relevant«, sagt er.

« Vom Forscher zum Gründer: Julien Ostermann hat sich mit der am Fraunhofer IAO entwickelten Plattform »ubstack« selbstständig gemacht.

Fraunhofer-Programm AHEAD

Joseph von Fraunhofer (1787–1826), dem die Fraunhofer-Gesellschaft ihren Namen verdankt, gilt nicht nur als Begründer der wissenschaftlichen Methodik im Bereich der Optik und Feinmechanik sowie als Pionier der deutschen Präzisionsoptik. Er war zugleich ein erfolgreicher Unternehmer, der seine Erfindungen vielfach in die Anwendung brachte. Diesem Beispiel folgend, fördert die Fraunhofer-Gesellschaft den Transfer von der Wissenschaft in die Praxis.

Um die Geschwindigkeit von High- und Deeptech-Gründungen in Deutschland signifikant zu erhöhen, hat die Fraunhofer-Gesellschaft ein Programm zur Gründung von Start-ups unter dem Namen Fraunhofer AHEAD gestartet. Das Fraunhofer-interne Programm fördert Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bei der Ausgründung oder Auslizenzierung von Fraunhofer-Technologie und stellt somit die Weichen dafür, dass aus Ideen Produkte werden.

Julien Ostermann studierte Elektro- und Informationstechnik an der Universität Duisburg-Essen und sammelte 2012 internationale Erfahrung in einem mehrmonatigen Auslandsaufenthalt im Silicon Valley. Seit 2013 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IAO tätig. Dort beschäftigt er sich seither mit den Themen des gesteuerten und intelligenten Ladens von Elektrofahrzeugen und dem Energiemanagement im Team »Smart Energy Systems«. Im Rahmen seiner Promotion entwickelt er dabei innovative Optimierungs- und Regelungsverfahren.

Das Potenzial seiner App erkannte Ostermann früh – und auch, dass er es außerhalb von Fraunhofer anbieten wollte. Die Idee zur Ausgründung entstand, als sein Vorgesetzter ihn vor Jahren ermutigte, an einem internen Förderprogramm für Entrepreneurship teilzunehmen (heute AHEAD), was er tat. Seitdem arbeitete er unermüdlich auf sein Ziel hin.

Zuletzt erforschte er im Rahmen des Projektes »LamA – Laden am Arbeitsplatz« die Software »ubstack«, wie die Software unter Regie des Fraunhofer IAO hieß, und brachte sie in die Anwendung. Dafür wurden an aktuell 50 Fraunhofer-Standorten bundesweit 580 Ladepunkte aufgebaut und über die Plattform betrieben. So konnte Ostermann untersuchen, welche Herausforderungen bei betrieblichen Ladevorgängen auftreten und wo Anpassungen nötig sind.

Gutes Timing

Jetzt darf sich »Joulify« am Markt beweisen. Der Zeitpunkt sei günstig, sagt Ostermann, da sich der Markt rasant entwickele und eine intelligente Steuerung immer wichtiger werde. Außerdem schließt er bald seine Promotion ab, es passt perfekt.

Aktuell sucht er Investoren, die an seine Idee glauben, und zwei, drei Betriebe, mit denen er starten kann. Einige Projektpartner haben bereits Interesse gezeigt. Wichtig ist ihm eine gesicherte Finanzierung, da er auch mit eigenem Vermögen beteiligt ist. »Aber dieses Risiko geht jeder Unternehmensgründer ein«, sagt er. »Ich bin fest entschlossen, meine Vision in die Tat umzusetzen«. ■

Online weiterlesen

In der Webversion dieses Beitrags finden Sie weitere Informationen über unsere Forschung zum Thema Ladeinfrastruktur.

iao.fraunhofer.de/m250104

» NACHHALTIGE PRODUKTGESTALTUNG

Kreislaufwirtschaft mitdenken – **VON ANFANG AN**

Um den Klima- und Nachhaltigkeitszielen der EU gerecht zu werden, müssen Automobilhersteller ihre Produkte so gestalten, dass sie wiederverwendbar und ressourcenschonend sind. Forschende des Fraunhofer IAO und des IAT der Universität Stuttgart entwickelten im Projekt **»Cyclometric«** mit Partnern eine Software, die dabei hilft, schon in frühen Entwicklungsphasen die richtigen Weichen dafür zu stellen.

» Forschungsobjekt Mittelkonsole: Wie lässt sich das Multifunktionstool moderner Autos nachhaltiger gestalten?

Eine Mittelkonsole ist vielleicht nicht das Herzstück eines Autos, aber doch ein zentraler Bestandteil des Innenraums. Zwischen Fahrer- und Beifahrersitz platziert, erfüllt sie mehrere Funktionen: Sie bietet Platz für Bedienelemente, Stauraum und Ablageflächen sowie Schnittstellen zum Laden mobiler Geräte. Sie ist sowohl ein Bindeglied im Fahrzeuginterieur als auch ein eigenständiges Element. Außerdem ist ihre Herstellung komplex genug, um an ihrem Beispiel zu zeigen, wie eine nachhaltige kreislauffähige Produktion im Automobilbau gelingen kann.

Genau deshalb wählten die Partner des Projekts »Cyclometric« dieses Bauteil als Demonstrator für ihren Ansatz, Kreislaufwirtschaft (siehe Kasten S. 22) im Fahrzeugbau von Anfang an mitzudenken. Auf der diesjährigen Hannover Messe konnten sich Besucherinnen und Besucher auf dem Stand des Fraunhofer IAO ein Bild davon machen – es wurde zum Publikumsmagneten.

Das Thema »Kreislaufwirtschaft« beschäftigt viele Hersteller, nicht nur in der Automobilbranche. Im Zuge der strengeren Umweltauflagen des European Green Deal wächst der Druck auf Unternehmen, nachhaltiger zu wirtschaften. Heute reicht es nicht mehr, nur Preis, Funktionalität, Qualität und Optik im Blick zu haben. Immer mehr Kundinnen und Kunden legen auch Wert auf Umweltschutz. Um dies zu erreichen, müssen Materialien nach ihrer Verwendung wieder in den Produktionsprozess zurückgeführt werden – und das stellt vor allem die Automobilindustrie vor enorme Herausforderungen.

Fahrzeugbauteile bestehen meist aus verschiedenen Materialien, wie Metallen, Kunststoffen, Verbundwerkstoffen. Die Herstellung und Entsorgung dieser

»Mit der Software haben wir versucht, diese komplexen Themenfelder datenbasiert abzudecken.«

Oliver Schweizer
Geschäftsführer von Schweizer Design Consulting GmbH

Stoffe verursachen oft erhebliche Umweltbelastungen. Unternehmen müssen bei ihrem Versuch, CO_2-Emissionen zu reduzieren, Ressourcen zu schonen und Abfälle zu minimieren, aber nicht nur Materialien und Produktionsmethoden überdenken. Um ein Produkt im Sinne der Kreislaufwirtschaft zu entwickeln, muss bereits während der Designphase sein gesamter Lebenszyklus mitgedacht werden. Da geht es dann zum Beispiel um die Frage, wie lange ein Bauteil wohl hält. Und wie es beschaffen sein muss, um recycelt oder im besten Fall sogar repariert werden zu können.

»Das Thema ist alles andere als trivial«, sagt Franziska Braun, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer IAO im Team »Mobility Innovation«. »Es geht nicht nur darum, ein bestimmtes Material lediglich auszutauschen. Man muss die Zusammensetzung eines Bauteils betrachten, darüber nachdenken, wie es sich wieder auseinanderbauen lässt. Oder, wenn ein Produkt wiederverwertet werden soll, wie es zurückkommt.« Bei der Entwicklung eines Produkts, das sowohl wirtschaftliche und ökologische Anforderungen als auch die Bedürfnisse der Zielgruppe berücksichtigt, entstünden immer Zielkonflikte. »Diese gilt es bestmöglich zu lösen, was nicht immer einfach ist.«

Ganzheitlicher Ansatz

Genau hier setzte das Forschungsprojekt »Cyclometric« an, das von Mai 2022 bis März 2025 lief. Forschende des Fraunhofer IAO sowie des IAT der Universität entwickelten gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft die Software »CycloP«, die Unternehmen dabei unterstützt, effizient Entscheidungen zur kreislaufgerechten Gestaltung von Produkten zu treffen. Das Tool hilft Produktentwicklerinnen und Produktentwicklern, Bauteile mit Blick auf den gesamten Lebenszyklus zu gestalten, und gibt ihnen bereits während der Entwicklung Feedback zu Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit. Und ermöglicht ihnen zugleich, einzuschätzen, in welchem Verhältnis der Aufwand für eine nachhaltige Produktgestaltung zu ihrem tatsächlichen Mehrwert in puncto Nachhaltigkeit steht.

Datenbasierte Entscheidungsgrundlage

»Als Unternehmen stehen Sie zu Beginn einer Entwicklung Hunderten theoretischen Entscheidungen gegenüber«, sagt Oliver Schweizer, Geschäftsführer von Schweizer Design Consulting GmbH und einer der Partner. »Allein beim Materialeinsatz: Welches Material nehme ich? Woher kommt das? Wer hat es abgebaut und unter welchen Bedingungen? Wie viele verschiedene Materialien verwende ich?« Je komplexer die Produkte seien, desto mehr Fragen träten auf, die sorgfältig abgewogen werden müssten. Für einen Menschen sei es aber kaum möglich, das alles zu wissen und dann noch zu bewerten. »Mit der Software haben wir versucht, diese komplexen Themenfelder datenbasiert abzudecken. Unser Ziel war nicht, die perfekte Mittelkonsole in Bezug auf Nachhaltigkeit zu bauen, sondern zu zeigen, wie die Software hilft, diese Konflikte überhaupt zu erkennen, um Vor- und Nachteile der verschiedenen Optionen bewerten zu können.«

»Die Software gibt Empfehlungen«, ergänzt Braun. »Wenn ich zum Beispiel vorher ein Teil verklebt habe, könnte sie mir empfehlen, es zu verschrauben, weil es später leichter demontierbar ist. Dabei berücksichtigt sie aber immer auch wirtschaftliche und nutzerspezifische Ziele. Es geht darum, den bestmöglichen Kompromiss zu finden.«

Ein weiterer wichtiger Aspekt des Projekts war, neben der Software auch einen praktischen Ansatz zu entwickeln, um die Ergebnisse für die Industrie nutzbar zu machen. Hier kommt die Mittelkonsole für ein hypothetisches Elektroauto ins Spiel, die das Fraunhofer IAO zusammen mit Schweizer Design »

»Es geht darum, den bestmöglichen Kompromiss zu finden.«

Franziska Braun
Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Team »Mobility Innovation« am Fraunhofer IAO

Kreislaufwirtschaft

Im Rahmen des EU Green Deal hat die Europäische Kommission im März 2020 den zweiten EU-Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft verabschiedet. Dieser geht über Abfallwirtschaft hinaus und setzt bereits bei der Produktgestaltung an, sodass Erzeugnisse langlebiger und reparierfähig werden, Upgrades möglich sind und Rohstoffe recycelt werden können. Ziel ist es, den Verbrauch von Ressourcen zu minimieren und Märkte für sekundäre Rohstoffe sowie kreislauffähige Produkte zu entwickeln.

Consulting entwarf und prototypisch umsetzte – als anschauliches Beispiel für das methodische Vorgehen und um eine Diskussionsgrundlage zu haben. Die Wahl fiel auf dieses Bauteil, weil sich viele relevante Themen wie Materialwahl oder die Integration von Elektronik darin abbilden ließen und sich die Herstellungsverfahren nicht groß voneinander unterscheiden.

Innovative Lösungen

Das Ergebnis zeigt eindrucksvoll, welche Möglichkeiten entstehen, wenn man ein Produkt tatsächlich neu denkt, und zu welch innovativen Lösungen solche »Kompromisse« führen können. Ein interessantes Merkmal der Mittelkonsole ist das Material der Hauptschale. Es besteht aus einem Faserverbundstoff, das aus geharzten Flachsfasern hergestellt wurde. Flachs ist ein nachwachsender Rohstoff und gilt als umweltfreundlich. Gleichzeitig bietet es gute mechanische Eigenschaften: hohe Festigkeit und ein geringeres Gewicht als viele herkömmliche Materialien.

Zusätzlich wurden smarte Kontaktfasern ins Gewebe eingearbeitet, die erkennen können, wenn das Produkt nicht mehr vollständig intakt ist – etwa bei Rissen oder Brüchen. »Das haben wir eingebracht, weil viele Unternehmen oft einen höheren Materialaufwand betreiben, als nötig wäre, um auf alle Eventualitäten vorbereitet zu sein«, erklärt Schweizer. »Nehmen wir die ausladende Ablage vorne. Unter extremer Belastung könnte diese brechen. Die Frage ist aber: Wie wahrscheinlich ist das? Indem ich meine Lösung auf 99 Prozent der Fälle auslege, kann ich viel Material- und Konstruktionsaufwand einsparen. Mit der entsprechenden Sensorik verzichte ich trotzdem nicht auf Sicherheit.«

Ein weiteres verwendetes Material ist Apfelleder, das als nachhaltiger Ersatz für Leder oder Kunststoff dient und ebenfalls ein nachwachsender Rohstoff ist. Auch wurden smarte Textilien auf Basis von Leinen verbaut, um eine innovative Bedienung zu ermöglichen. »Wir haben bewusst auf Knöpfe, Tasten oder ein Touch-Display verzichtet und stattdessen einen sogenannten kapazitativen Sensor eingesetzt«, sagt Braun. Dieser reagiert auf Veränderungen der elektrischen Kapazität, um Berührungen oder Eingaben zu erkennen. »Er ist unter der Textiloberfläche versteckt und funktioniert wie ein Touchpad, nur ohne Kunststoff und aufwendige Elektronik. Außerdem wurden die einzelnen Materialschichten miteinander verklemmt und nicht verklebt. Dadurch bekommt man sie bei Verschleiß oder für ein mögliches ›Facelift‹ einfach, schnell und ohne Werkzeug wieder auseinander.«

Die Resonanz auf dieses Projekt war bislang sehr positiv. Der Bedarf an nachhaltigen Lösungen ist groß, das Interesse daran wächst. In Workshops zu diesem methodischen Vorgehen zeigte sich, dass dieses nicht nur für die Automobilindustrie relevant ist, sondern auch für andere Bereiche wie Consumer Electronics. »Im Grunde können alle produzierenden Gewerke von dieser Methode profitieren, da sie alle vor den gleichen Herausforderungen stehen«, sagt Schweizer. Die Beteiligten arbeiten nun daran, Folgeprojekte zu akquirieren, um ihre Erkenntnisse weiter zu erforschen und weiterzugeben. ■

Online weiterlesen

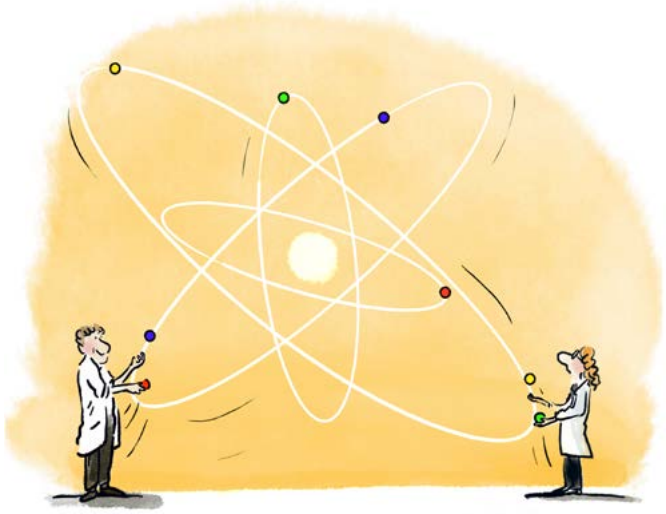
In der Webversion dieses Beitrags finden Sie weitere Informationen über unsere Forschung zur nachhaltigen Transformation.

iao.fraunhofer.de/m250105

» WISSENSCOMMUNITY

Mit Quantencomputing **KI AUFS NÄCHSTE LEVEL** heben

Quantencomputing (QC) könnte Künstliche Intelligenz auf ein völlig neues Level heben. Im Verbundprojekt **»AutoQML«** arbeiten das Fraunhofer IAO und das Fraunhofer IPA gemeinsam mit sieben Industriepartnern daran, Maschinelles Lernen mithilfe von Quanten-ML-Algorithmen effizienter zu gestalten.



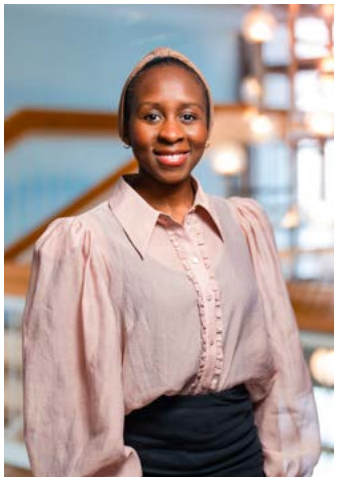
Kein Kunststück: »AutoQML« ermöglicht es Entwicklungsteams, Quantencomputing anzuwenden.

Maschinelles Lernen (ML) ermöglicht Unternehmen unter anderem effizientere Prozesse sowie neue Geschäftsmodelle. Allerdings ist der Einsatz von ML-Lösungen bisher noch häufig mit hohem Arbeitsaufwand verbunden. Von der Datenakquisition über die Wahl der passenden Algorithmen bis hin zur Optimierung des Trainings sind ein detailliertes ML-Fachwissen und vor allem Fachpersonal notwendig.

Eine Lösung bietet automatisiertes maschinelles Lernen (AutoML). Es könnte Expertinnen und Experten entlasten und für Unternehmen zur smarten Überholspur bei der Einführung von Künstlicher Intelligenz werden. Dabei wird insbesondere die Wahl der konkreten ML-Algorithmen automatisiert. Anwenderinnen und Anwender müssen somit weniger mit ML vertraut sein und können sich mehr auf ihre eigentlichen Aufgaben konzentrieren.

Quantencomputing könnte dabei für AutoML im Unternehmen zum entscheidenden qualitativen und quantitativen Beschleuniger werden: Quantencomputing vervielfältigt aufgrund seiner Rechenleistung die Möglichkeiten des Einsatzes von AutoML.

Mit dem Verbundprojekt »AutoQML« haben wir am Fraunhofer IAO gemeinsam mit dem Fraunhofer IPA und sieben Industriepartnern einen neuen Ansatz entwickelt, der AutoML und Quantencomputing verbindet: »AutoQML« erweitert das AutoML-Prinzip um neue Quanten-ML-Algorithmen. Dadurch lassen sich viele KI-Probleme effizienter und nachhaltiger lösen als mit konventionellen Algorithmen.



Yeama Bangali
hat germanistische Literaturwissenschaft und Berufs- und Technikpädagogik studiert. Ihre Erfahrungen in der Wissenschaftskommunikation und in unterschiedlichen journalistischen Spielarten bringt sie seit 2019 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer IAO ein. Seit 2022 entwickelt sie im Quantencomputing-Team innovative Formate, um Quantenwissen zielgruppengerecht zu vermitteln und zu kommunizieren, Kompetenzen zu stärken und damit einen Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit von Wirtschaft und Wissenschaft zu leisten.

Smarter Werkzeugkasten für Maschinelles Lernen und Quantencomputing

Die Open-Source-Software »AutoQML« ermöglicht Entwicklerinnen und Entwicklern einen einfachen Zugang zu konventionellen und Quanten-ML-Algorithmen. Sie führt Quanten-ML-Komponenten und Methoden für Entwicklungsteams in einem »Werkzeugkasten« zusammen, mit dem Ansätze getestet oder automatisierte hybride Gesamtlösungen entwickelt werden können. Dabei ist kein tiefgehendes Fachwissen notwendig. Die Open-Source-Software bietet einen niederschwelligen Einstieg in die praktische Anwendung von Quantenmaschinellem Lernen in der Industrie und bietet so die Möglichkeit, erste erfolgreiche Use Cases zu entwickeln.

Die Potenziale und Synergien der Kombination von Quantencomputing und Künstlicher Intelligenz gilt es jedoch weiter zu erforschen. Daher veranstaltet das Fraunhofer-Lab flaQship in Kooperation mit der University of Waterloo vom 7. bis 8. Juli 2025 in der experimenta in Heilbronn das Symposium »Machine Learning to Advance Quantum Technologies (ML4QT)«. Eine Möglichkeit, um diese zwei Technologien unter Forschenden, Entwicklerinnen und Entwicklern innovativ zusammenzusetzen, Wissen zu generieren und zu teilen. ■

Online weiterlesen

Den gesamten Beitrag finden Sie auf dem Blog des Fraunhofer IAO. Dort können Sie übrigens direkt mit unseren Forschungsteams in den Dialog treten.

iao.fraunhofer.de/m250106

» DIGITALE TRANSFORMATION

Enter gut, **ALLES GUT**

Autor
Jan Rübel
Fotograf
Aristidis Schnelzer

Das Center for Responsible Research and Innovation CeRRI des Fraunhofer IAO begleitet Unternehmen und Verwaltungen auf dem Weg in die digitale Zukunft. Die Projekte und Studien des CeRRI zeigen: Wenn der Wandel gelingen soll, braucht es eine neue Art der Zusammenarbeit. Auf den Spuren der neuen **Digitalkultur**.

URKUNDE
URKUNDE
OFFEN FÜR NEUES
ZEITEN EINHALTEN
EHRLICHES MITEINANDER
Fehler
werden
passieren

Von außen betrachtet wirkt der Bau, in dem die Berliner Senatsverwaltung für Finanzen angesiedelt ist, wie ein Bollwerk der Unbeweglichkeit. Als er vor rund hundert Jahren am Spreeufer im Stadtteil Mitte errichtet wurde, galt er als modern. Heute stellt man sich ein Bürogebäude anders vor. Hinter der massiven grauen Fassade aber ist die Gegenwart längst angekommen. Im ersten Stock etwa findet sich ein Raum, der eher an eine Cafeteria erinnert als an eine Amtsstube: Tief hängende Vintage-Lampen schicken warmes Licht in Rostbraun auf einen Tresen, an dem – auf Barhockern – zwei Beamtinnen sitzen.

»Ich such den Link gleich raus«, murmelt die eine. »Hattest du heute auch Serverprobleme?«, fragt die andere und nascht Nüsse aus einer Schale. Ein paar Minuten und Klicks später geht die eine Kollegin zum Telefonieren in eine schalldichte Kabine an der Wand gegenüber und die andere nach Hause. »Das Paper für die Senatskanzlei schick ich dir per Mail«, ruft sie ihr noch in diesem Raum aus vier nüchtern-strengen Halbbögen nach, der so etwas wie die Keimzelle einer kleinen Revolution im Verwaltungswesen der Hauptstadt ist: Hier, in einem rund 100 Jahre alten Gebäude, soll die digitale Zukunft der Verwaltungswelt vorangetrieben werden.

Das Ziel: selbstorganisiertes Arbeiten

Zwischen März 2019 und September 2023 wurde im Rahmen des Projekts »Arbeit x Anders« eine neue Arbeits- und Organisationskultur erprobt. Den Auftrag, die Senatsverwaltung bei der Arbeit an einer neuen »Digitalkultur« zu unterstützen, erhielt damals das Center for Responsible Research and Innovation CeRRI des Fraunhofer IAO. Das 2010 gegründete und in Berlin ansässige Zentrum berät und begleitet Unternehmen, Behörden und andere Institutionen, die Innovations- und Veränderungsprozesse umsetzen möchten. »Und hier reicht es eben nicht, eine neue Software einzuführen und die Mitarbeitenden im Umgang damit zu schulen«, sagt CeRRI-Leiterin Katharina Hochfeld. »Vielmehr muss eine neue Arbeitskultur geschaffen werden.« Wer die Potenziale technologischer Entwicklungen wirklich heben wolle, brauche Mitarbeitende, welche digitale Werkzeuge souverän nutzen und eigenständig datenbasierte Entscheidungen treffen. »Unser Ziel ist eine effiziente und gleichzeitig möglichst selbstbestimmte Arbeit«, so Hochfeld.

In diesem Fall entwickelte das CeRRI eine Reihe von Workshops, in denen Mitarbeitende über die Grenzen von Hierarchieebenen hinweg gemeinsam an der Frage arbeiten konnten, wie sich die täglichen Aufgaben – auch mithilfe neuer IT-Lösungen – in der Verwaltung besser meistern lassen. Zudem wurden klare Vereinbarungen darüber getroffen, wer welche Entscheidungen im Prozess treffen darf und muss. »Im Zuge dieses Prozesses wurden viele Mitarbeitende mit neuen Kompetenzen ausgestattet, was zu größerer Selbstständigkeit und Selbstwirksamkeit führte«, sagt Hochfeld.

Was das bedeutet, lässt sich heute, eineinhalb Jahre nach Projektende, in der Senatsverwaltung besichtigen. Statt kleiner Stuben mit Aktenschrank und Stempelkissen, in denen die Beamtinnen und Beamten verschwinden, dominieren die offenen Bereiche, in denen die Mitarbeitenden täglich aufs Neue wählen können, wo sie arbeiten möchten, digital transparent mithilfe eines Portals, an dem man sich an- und abmeldet. Überhaupt ist Arbeit in dieser Verwaltung nicht mehr an einen Ort gebunden: Homeoffice oder mobiles Arbeiten gehören zum Alltag.

Diskretion, bitte: Für Telefonate können Mitarbeitende sich in eine schalldichte Kabine zurückziehen.

»Es geht hier nicht nur um Kompetenz im Umgang mit den Tools«, sagt Ralf Meyer. Als Referatsleiter für Digitalisierung ist er dafür verantwortlich, dass der Wandel in der Senatsverwaltung gelingt. »Im Grunde geht es um effektives und selbstorganisiertes Arbeiten.« Meyer ist Diplomverwaltungswirt und seit 1986 bei der Landesverwaltung beschäftigt. Ab 2012 war er für den damals größten Digitalisierungssprung innerhalb der Behörden mit zuständig: die Einführung der elektronischen Aktenführung. »Schon damals merkten wir den enormen Nachholbedarf«, erinnert er sich. Sein Team wuchs, die Räumlichkeiten reichten irgendwann nicht mehr aus. »Ich bin ein schlechter Verwalter«, sagt Meyer, »wenn es um Gleichförmigkeit geht.«

Erfolgsgarant Selbstwirksamkeit

Meyers aktuelle Aufgabe ist ungleich komplexer, weil es diesmal nicht mehr darum geht, ein Aktenmeer zu digitalisieren. »Diesmal geht es um die Frage, wie sich Transparenz, Schnelligkeit und Qualität sichern lassen. Es geht um ein neues Verständnis von Führung und Ort«, sagt Meyer. Kurz: Es geht um den Faktor Mensch. Die freie Platzwahl etwa bringe viele Vorteile mit sich – aber auch Herausforderungen. Denn wie in jedem Büro gibt es auch hier beliebte und weniger beliebte Plätze. Wenn es hier gerecht

»Der Schlüssel zum Erfolg ist die Selbstwirksamkeit.«

Ralf Meyer
Referatsleitung Digitalisierung,
Berliner Senatsverwaltung für Finanzen

zugehen soll, müssen die Mitarbeitenden sich also untereinander absprechen – und abwechseln. »Allein das fördert die Kommunikation im Team und stärkt das Zusammengehörigkeitsgefühl«, sagt Meyer. Man könnte auch sagen: Entlang der Frage, wer wann den besten Spreeblick genießen darf, schulen die Mitarbeitenden ihre Fähigkeit zur Selbstorganisation.

»Führungskräfte sind nicht immer das Problem. Sie sind aber immer die Lösung.«

Katharina Hochfeld
Leiterin des Center for Responsible Research CeRRI am Fraunhofer IAO

»Der Schlüssel zum Erfolg ist die Selbstwirksamkeit«, sagt Meyer und geht an einen der Schreibtische, die im offenen Bereich stehen. Auf einen Knopfdruck hin fährt die Arbeitsfläche nach oben. »Im Stehen tippe ich besser«, sagt Meyer. Ohne »psychologisches Empowerment«, sagt er, drohe jede technische Neuerung in der Anwendung zu verpuffen. »Unser Ziel ist es, dass Arbeit effizienter wird – und mehr Spaß macht.«

Die offenen Bereiche spielten dabei eine große Rolle, so Meyer. Denn hier könne man – anders als in den Amtsstuben von früher – Konflikten schlechter aus dem Weg gehen. Es fehle schlicht die Tür, die man hinter sich schließen kann. »Da hilft es, alles aktiv wahrzunehmen«, so Meyer. Zuhören, sich einbringen, Konflikte gemeinsam lösen: In der neuen Arbeitswelt kommt es verstärkt darauf an, selbstständig und im Team Entscheidungen zu fällen. »Und dann merken alle irgendwann: Es geht voran und macht zufrieden.«

In Tandems zur neuen Digitalkultur

Nach vier Projektjahren gemeinsam mit dem CeRRI wurden die rund 140 Mitarbeitenden der Senatsverwaltung befragt. Das Ergebnis: Sie arbeiteten besser zusammen, ihr Teamgeist wurde gestärkt, sie kommunizierten besser, wurden effizienter. Die Zufriedenheit stieg, und mobiles sowie flexibles Arbeiten etablierte sich als Selbstverständlichkeit. »Ein Gewinn für alle«, sagt Meyer. Seit Ende vergangenen Jahres setzt das Referat aufs Skalieren. Die Senatskanzlei des Regierenden Bürgermeisters ist nun mit an Bord, die Digitalkultur soll übersetzen und sich weiter ausbreiten. An einer Trennwand hängt der Spruch: »Enter gut, alles gut.«

Der Aufbau einer Digitalkultur fällt in eine Zeit, die generell einen Wertewandel in Bezug auf Arbeit erfährt. »Die Menschen legen generationenübergreifend weniger als früher den Fokus aufs Geldverdienen oder Karriere an sich«, sagt Katharina Hochfeld, Leiterin des CeRRI, in einem Teams-Call. »Sie fragen sich mehr, was sie mit ihrer Arbeit erreichen können, welchen Sinn sie damit verknüpfen – und welche Selbstwirksamkeit sie haben.«

Und doch: Die Entwicklung einer Digitalkultur ist kein Selbstläufer. Zu stark sind noch die Beharrungskräfte, zu groß der Wunsch vieler, nichts möge sich verändern. Arbeitskultur, sagt Hochfeld, lasse sich mit einer in ein Holzstück geritzten Schleifspur beschreiben. »Das sind die Gewohnheiten. Aus »

»Digitalkultur ist ein Arbeitsumfeld, in dem man sich sicher fühlt, ausprobiert und Fehler machen darf, Fragen stellt.«

Hannah Bergmann
Projektleiterin, DigitalService

den Spuren auszubrechen, fordert Energie.« Es mache aber Sinn, einen Mehrwert im Verlassen alter Spuren zu sehen. In einer Vorbildfunktion sieht sie Vorgesetzte. »Führungskräfte sind nicht immer das Problem. Sie sind aber immer die Lösung.«

Und überhaupt: Wer sich verändern möchte, braucht Vorbilder. Diese Erkenntnis liegt dem Fellowship-Programm »Work4Germany« zugrunde. Unter dem Dach dieses Programms können Mitarbeitende aus Privatwirtschaft und Verwaltung für sechs Monate zusammenarbeiten. »Diese Tandems sind eine gute Möglichkeit, der Verwaltung Impulse von außen zu geben und sie gleichzeitig von innen heraus zu befähigen«, sagt Hannah Bergmann, Projektleiterin »Work4Germany« beim DigitalService (DS). Die hundertprozentige Tochter des Bundes ist mit dem Ziel angetreten, innovative digitale Lösungen für die Bundesverwaltung zu entwickeln und sie gemeinsam umzusetzen. In einem Satz: Der »DS« ist der Digitalisierungspartner der Verwaltung.

Ein Kulturwandel braucht Zeit

Kann »Work4Germany« einen Kulturwandel in der Verwaltung einleiten? Um das herauszufinden, beauftragte Projektleiterin Bergmann ebenfalls das CeRRI mit einer Studie zur Wirkungsmessung des Projekts. Auch hier zeigte sich: Agiles, nutzerzentriertes Arbeiten wurde nachhaltig implementiert, Arbeitszufriedenheit und Teamklima nahmen jedoch kaum zu. »Deshalb setzen wir noch mehr auf psychologisches Empowerment«, so Bergmann.

Digitalkultur, sagt Bergmann, sei ein Arbeitsumfeld, »in dem man sich sicher fühlt, ausprobiert und Fehler machen darf, Fragen stellt«. Für die Verwaltung sieht sie viel Luft nach oben: »Bisher wird viel darüber nachgedacht, Prozesse zu vereinfachen. Aber sie sollten öfters komplett überdacht werden.«

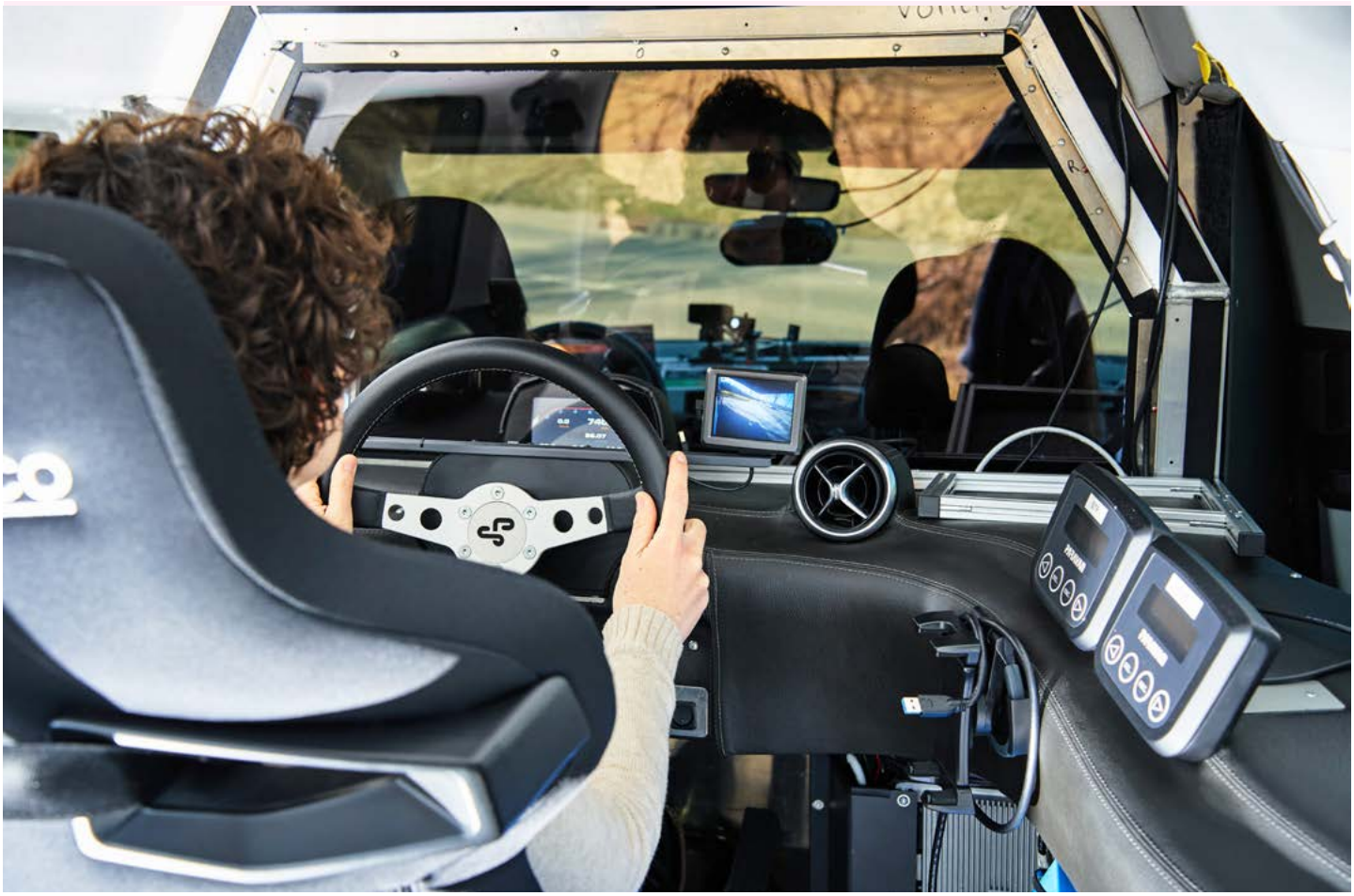
Als Befähigerin in Sachen Digitalkultur sieht sich Roda Müller-Wieland. Sie arbeitete mehrere Jahre beim Fraunhofer IAO und ist nun bei der Projektmanagementgesellschaft DEGES Projektleiterin für Schulung, digitale Kompetenz und Transformation. »Viele Organisationen nutzen noch gar nicht die Daten, die sie haben, um effizienter passendere Entscheidungen zu treffen«, sagt sie am Telefon. Die DEGES verantwortet Infrastrukturprojekte im Verkehrswesen; Schnelligkeit ist da Gebot und Digitalisierung der nötige Schmierstoff. Und um die voranzutreiben, hat auch die DEGES gemeinsam mit CeRRI ein Projekt gestartet, um die eigene Digitalkultur zu stärken. »Aber ein Kulturwandel braucht Zeit«, sagt Müller-Wieland. Ein neues Tool für Terminumfragen etwa beherrsche man nicht nach einer Schulung. Neue digitale Fähigkeiten müssten im Alltag zur Anwendung kommen, um sich zu setzen. »Anfangs muss erst mal ins Lernen investiert werden«, so Müller-Wieland. »Ein Tal der Tränen bleibt da nicht aus.« Doch wer Mut und Geduld nicht verliere, werde dann die Früchte der Transformation ernten – etwa eine Zeitersparnis, wenn Kapazitäten für höherwertige Aufgaben statt Routinetätigkeiten frei werden. »Damit treten wir auch dem Fachkräftemangel entgegen.«

Und so wird Digitalkultur zunehmend relevanter für Unternehmen wie Behörden. »Je stärker sie ausgeprägt ist, desto erfolgreicher ist die digitale Transformation überhaupt«, sagt Katharina Hochfeld vom CeRRI. Oder in den Worten des vor 77 Jahren verstorbenen Kabarettisten Karl Valentin: »Kultur ist nicht alles, aber ohne Kultur ist alles nichts.« ■

Online weiterlesen

In der Webversion dieses Beitrags finden Sie weiterführende Informationen über unsere Forschung zur Arbeitskultur.

iao.fraunhofer.de/m250107



Unsichtbare Hand: Das Forschungsmobil wird von einer Person gesteuert, die im Laderaum sitzt.

Das **FAHRENDE** Labor

Noch gibt es den vollständig automatisierten Wagen nicht, doch Forschende des Fraunhofer IAO und des IAT der Universität Stuttgart arbeiten intensiv daran, diese Vision voranzutreiben. Ihr Hauptwerkzeug: das **Wizard-of-Oz-Fahrzeug**. Einblicke hinter die Kulissen der Forschung und in die Zukunft des Fahrens.

Auf den ersten Blick sieht er aus wie ein normaler Kastenwagen: mittelgroß, dunkelblau, mit Schiebetür und einer großzügigen Ladefläche zum Transport von Waren, Paketen, Werkzeug. Doch schaut man genauer hin, lässt sich erkennen, dass dieses Fahrzeug kein gewöhnliches ist. Mit je zwei Lenkrädern und Rückspiegeln im vorderen Teil wirkt es eher wie ein Fahrschulauto. Sogar Gaspedal und Bremse sind auf beiden Seiten vorhanden. Hinzu kommt im hinteren Teil des Wagens sogar noch ein dritter, vollständig ausgestatteter Fahrersitz, den Nicht-Eingeweihte aber erst einmal nicht zu sehen bekommen.

Weder die Zweit- noch die Drittausstattung sind jedoch für Lehrkräfte gedacht. Der Wagen ist ein sogenanntes Wizard-of-Oz-Fahrzeug und im Auftrag der Forschung unterwegs. »Für uns ist es das ideale ›fahrende Labor‹, um automatisiertes Fahren im Realverkehr sicher zu erproben«, sagt Lesley-Ann Mathis, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer IAO.

Der Begriff geht auf das berühmte Kinderbuch »Der Zauberer von Oz« von Lyman Frank Baum zurück, in dem ein vermeintlicher Zauberer hinter einem Vorhang agiert und damit die Illusion erzeugt, er habe übernatürliche Kräfte. In der Wissenschaft bezeichnet die Wizard-of-Oz-Methode einen ähnlichen Ansatz (siehe Kasten S. 30): Im Rahmen eines Experiments simulieren Forschende die Funktion einer Technologie, um die Reaktionen der Testpersonen »

»Für uns ist es das ideale ›fahrende Labor‹, um automatisiertes Fahren im Realverkehr sicher zu erproben.«

Lesley-Ann Mathis
Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Team »Ergonomics and Vehicle Interaction« am Fraunhofer IAO

darauf zu erfassen. In Studien zum automatisierten Fahren etwa glauben Probandinnen und Probanden, in einem selbstfahrenden Auto zu sitzen, während in Wirklichkeit ein Mensch, der hinter einer Trennwand im Laderaum versteckt ist, den Wagen steuert – das erfahren sie aber erst nach der Testfahrt.

Wertvolle Daten und Erkenntnisse

»Dieses Vorgehen ermöglicht es, das automatisierte Fahren und bestimmte Funktionen darin so realitätsnah wie möglich erlebbar zu machen, ohne Passagiere echten Risiken auszusetzen«, sagt Mathis. Diese daraus gewonnenen Daten und Erkenntnisse helfen, die Technologie weiterzuentwickeln und sie auf die Bedürfnisse der Menschen abzustimmen. Denn noch sind autonom fahrende Autos eine Zukunftsvision – bis sie das Straßenbild prägen, wird es noch einige Zeit dauern. Der Trend zu mehr Automatisierung in der Automobilbranche ist jedoch klar erkennbar, schon heute gibt es Assistenzfunktionen und Teilautomatisierungen. Das Wizard-of-Oz-Prinzip hilft somit, eine wichtige Lücke zu schließen. Und das Wizard-of-Oz-Fahrzeug ist das passende Werkzeug dafür.

Die Wizard-of-Oz-Methode

Ursprünglich kommt die Wizard-of-Oz-Methode aus der Informatik. Der Amerikaner John F. Kelley, ein Vordenker aus dem Bereich User Experience und User Research, prägte den Begriff in den 80er-Jahren. Die Technik wurde eingesetzt, um Mensch-Computer-Interaktionen zu untersuchen. Dabei simulierte ein Testleiter, der »Zauberer«, ein vermeintlich intelligentes System: Teilnehmende dachten, sie kommunizierten mit der Maschine, dabei kamen die Antworten vom Menschen. Das Ziel war, zu beobachten und zu analysieren, wie Probandinnen und Probanden reagieren, oft im Rahmen von Tests zu Benutzerfreundlichkeit oder Systemdesign. In der Sprachwissenschaft und Kognitionsforschung kam die Methode ebenfalls zum Einsatz. Später übertrugen Wissenschaftler die Prinzipien auf die Erforschung der Ergonomie von Spracherkennung und -ausgabe im Fahrzeug.

Wie das in der Praxis aussieht, zeigte sich im Verbundprojekt »KARLI«, das vom 1. Juli 2021 bis zum 30. September 2024 lief. »KARLI« steht für »Künstliche Intelligenz für adaptive, responsive und levelkonforme Interaktion im Fahrzeug der Zukunft«. An dem Projekt waren zwölf Partner beteiligt, darunter Continental, Ford und Audi, und es wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert. Ziel des Projekts war, KI-Anwendungen zu entwickeln, die das automatisierte Fahren sicherer und nutzerfreundlicher machen. Fahrerinnen oder Fahrer sollten in jeder Automatisierungsstufe nach SAE (siehe Tabelle S. 31) genau wissen, was zu tun ist, denn je nach Stufe verändern sich ihre Aufgaben.

Im Fokus des Projekts standen drei KI-Anwendungen für die Automatisierungsstufen 2 bis 4. Eine konzentrierte sich auf das Thema levelkonformes Fahren. Dabei ging es um den Übergang zwischen den einzelnen Leveln, also den Wechsel von einer aktiven zu einer passiven Rolle oder umgekehrt. Ein Beispiel: Der Fahrende liest ein Buch und soll die Steuerung des Autos wieder übernehmen. Wie lässt sich dieser Übergang gestalten, dass er intuitiv erfolgt und sicher ist? Eine weitere Applikation beschäftigte sich mit der Frage, wie die Kommunikation mit der KI im Fahrzeug allgemein gestaltet werden sollte. In welcher Form sollte sie sichtbar gemacht werden? Was trägt dazu bei, Vertrauen aufzubauen? Eine dritte widmete sich dem Thema »Motion Sickness erkennen und vermeiden« und der Frage, wie KI-Systeme Symptome von Reisekrankheit erkennen und möglicherweise vorbeugen können.

Vorteil Realverkehr

Forschende des Fraunhofer IAO und des IAT der Universität Stuttgart übernahmen die Themenschwerpunkte »Datensammlung im Realverkehr für das Training von KI im Fahrzeug«, »Einfluss von Motion Sickness auf die Fahrtüchtigkeit« und »Untersuchung von proaktiven Systemansprachen unter realen Bedingungen«. Das Wizard-of-Oz-Fahrzeug erwies sich in allen drei Bereichen als sehr hilfreich. »Es war ein großer Vorteil, dass wir im echten Verkehr testen konnten«, erklärt Daniela Vial, wissenschaftliche Mitarbeiterin am IAT, die wie Mathis an den Studien beteiligt war und die Funktion einer Sicherheitsfahrerin übernahm. Die Strecke von Stuttgart nach Pforzheim und zurück,

Die fünf Level des automatisierten Fahrens

Von assistiert bis vollautomatisiert: Die gemeinnützige US-Organisation Society of Automotive Engineers (SAE, Verband der Automobilingenieure) brachte 2014 die Norm SAE J3016 heraus, in der sie fünf Stufen des autonomen Fahrens definierte. Damit wurde für jede Stufe geregelt, welche Rolle die fahrende Person im Auto einnimmt und welche Aufgaben das Fahrzeug übernehmen kann. Eine Übersicht:

Level	Bezeichnung	Aufgaben des Fahrers
0	Keine Automatisierung	Die Fahrerin oder der Fahrer übernimmt alle Aufgaben im Wagen und trifft alle Entscheidungen.
1	Fahrerassistenz	Die Fahrerin oder der Fahrer steuert den Wagen zu jeder Zeit selbst, kann in einigen Bereichen aber unterstützt werden (etwa Tempomat oder Spurhalteassistent).
2	Teilautomatisierung	Das Fahrzeug kann einige Aufgaben übernehmen, etwa Spur halten, bremsen, beschleunigen. Die Fahrerin oder der Fahrer muss jedoch stets den Verkehr im Blick behalten und jederzeit bereit sein, die Kontrolle wieder zu übernehmen.
3	Bedingte Automatisierung	In bestimmten Situationen kann das Fahrzeug autonom fahren, sodass die Fahrerin oder der Fahrer sich vom Verkehr abwenden kann. Sie oder er muss aber bereit sein, nach Aufforderung die Kontrolle wieder zu übernehmen.
4	Hochautomatisierung	Das Fahrzeug kann autonom fahren, aber nur in bestimmten Situationen oder Umgebungen. Das menschliche Eingreifen kann mitunter nötig sein.
5	Vollautomatisierung	Keine. Das System übernimmt alle Fahraufgaben. Menschliches Eingreifen ist nicht mehr nötig.

Lesestunde: In einem vollautomatisierten Fahrzeug könnte die Person am Steuer sich, wie hier im Bild, getrost ihrer Lektüre zuwenden. Das Auto fällt alle wichtigen Entscheidungen selbst.

Zu Forschungszwecken: In diesem vermeintlich selbstfahrenden Auto gibt es drei Lenkräder: zwei vorne und ein verstecktes hinten im Laderaum.

rund 70 Kilometer Landstraße und Autobahn, bot realitätsnahe Bedingungen. »Automatisiertes Fahren lässt sich auch in einem Fahrsimulator nachstellen, aber dort ist die Fahrstrecke nur eine Projektion, und der Wagen bewegt sich nicht«, so Vial. Im realen Verkehr konnten auch Fragen zur Sicherheit oder Akzeptanz bestimmter Funktionen besser beantwortet werden, was zu präziseren Ergebnissen führt. »Auch für das Training von KI-Anwendungen sind reale Daten aussagekräftiger«, ergänzt Mathis. »In einer VR-Umgebung oder im Fahrsimulator weiß der Proband, dass er sich im Labor befindet. Die dort gewonnenen Kameradaten sind weniger geeignet, um die Algorithmen zu trainieren.«

Damit das Wizard-of-Oz-Fahrzeug diese Funktionalitäten erfüllen konnte, musste es umfangreich umgestaltet werden. Rund anderthalb Jahre dauerte es, das Fahrzeug auf die Anforderungen des »KARLI«-Projekts abzustimmen. Dazu gehörte der Einbau von Hard- und Software, um die Studien durchzuführen und Daten für die KI-Anwendungen zu erheben.

Im Wagen wurden zahlreiche mechanische Komponenten integriert, darunter verschiedene »

Daniela Vial

hat Cognitive Science in Tübingen studiert und ist seit 2021 am IAT der Universität Stuttgart tätig. Im Team »Ergonomics and Vehicle Interaction« erforscht sie vor allem das Wohlbefinden beim automatisierten Fahren sowie die Fahrzustandserkennung. Im »KARLI«-Projekt führte sie Studien mit dem Wizard-of-Oz-Fahrzeug durch.

Lesley-Ann Mathis

hat in Konstanz und Osnabrück Cognitive Science und Linguistik studiert, kam 2019 ans IAT der Universität Stuttgart und ist mittlerweile am Fraunhofer IAO tätig. Im Team »Ergonomics and Vehicle Interaction« erforscht sie vor allem proaktive Sprachinteraktion beim automatisierten Fahren mittels Large-Language-Modellen, darin promoviert sie aktuell. Weitere Schwerpunkte sind neue Innenraumkonzepte für automatisiertes Fahren und die Akzeptanz von Human-Machine Interfaces.

Innenraumkameras, welche die Aktivitäten der Insassen überwachen, und ein Eye-Tracker, der die Blickbewegungen der Probandinnen und Probanden erfasst. Auch fahrspezifische Daten wie das Lenk- oder Bremsverhalten wurden aufgezeichnet, da sie für Übergabesituationen relevant sind. Zusätzlich wurden über Wearables physiologische Daten wie Stress oder Nervosität erfasst, um das Wohlbefinden der Probandinnen und Probanden zu messen.

»Der wichtigste Punkt war aber, dass wir die Übergaben zwischen automatisiertem und manuellem Fahren während der Fahrt durchführen konnten, ohne dafür anhalten zu müssen«, erklärt Vial. In der Studie konnte das zum Beispiel so aussehen, dass das System dem Probanden meldete, er solle die Steuerung übernehmen, weil eine Baustelle bevorstand. Deswegen das eigene Lenkrad. Die Sicherheitsfahrerin beziehungsweise der Sicherheitsfahrer hatte ebenfalls eins, um »im Notfall« eingreifen zu können, falls »das System« nicht schnell genug reagierte.

Unvorhergesehene Ereignisse

»Einmal hatten wir so einen Fall«, sagt Mathis. »Wir fuhren um eine Kurve und sahen Enten auf der Straße stehen. Der Wizard hatte sie nicht rechtzeitig erkannt. Also musste der Sicherheitsfahrer eingreifen, und der Wagen stand erst einmal.« Solche Szenarien hatten die Forschenden vorher eingeübt und abgesprochen, wie sie wann reagieren, um stets eine sichere Fahrt zu gewährleisten.

Auf die Enthüllung, dass sie nicht wirklich in einem autonom fahrenden Auto gesessen hatten, reagierten die Teilnehmenden sehr unterschiedlich: Viele waren überrascht, einige interessiert, manche auch etwas enttäuscht. Insgesamt hatten sie sich aber alle auf die Möglichkeit, zwischendurch mal das Lenkrad loszulassen, ein Buch zu lesen oder sich entspannt zurückzulehnen und gefahren zu werden, eingelassen. Viele Teilnehmende waren sich einig, dass sie diese Art des Reisens gerade beim täglichen Pendeln zur Arbeit oder bei einer langen Fahrt in den Urlaub sehr schätzen würden.

Weitere Studien mit dem Wizard-of-Oz-Fahrzeug sind in Vorbereitung. Im Mittelpunkt stehen die Weiterentwicklung von KI-basierter Interaktion und die multimodale Erfassung des Innenraumkontextes. Schließlich ist das Thema hochaktuell und entwickelt sich stetig weiter. »Besonders der Trend um Generative KI und Sprachmodelle eröffnet viele neue Möglichkeiten, intuitive Interaktionskonzepte für den Menschen zu entwickeln und deren Anwendung im Fahrzeug iterativ zu verbessern und robuster zu machen«, sagt Mathis. Der Wagen steht jedenfalls bereit. ■

Online weiterlesen

In der Webversion dieses Beitrags finden Sie weiterführende Informationen über unsere Forschung zur Mensch-Technik-Interaktion im Mobilitätsbereich.

iao.fraunhofer.de/m250108

» BEVÖLKERUNGSSCHUTZ

Krisen besser **MEISTERN**

Das Fraunhofer IAO und das IAT der Universität Stuttgart organisieren regelmäßig den Runden Tisch **Forschung im Bevölkerungsschutz**. Stefan Voßschmidt vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) erklärt, warum diese Veranstaltung so wertvoll ist.

Im November fand der 11. Stuttgarter Runde Tisch »Forschung im Bevölkerungsschutz« statt. Worum geht es dabei?
Das Fraunhofer IAO und das IAT der Universität Stuttgart beteiligen sich an vielen nationalen und internationalen Forschungsprojekten zum Thema Katastrophenschutz. Mit dem Runden Tisch schufen sie eine Plattform, auf der Forschende und Praktiker aus diesem Bereich zusammenkommen, um sich zu vernetzen, auszutauschen, Erfahrungen zu teilen und zu diskutieren. Das Ziel ist, aktuelle Herausforderungen und Anforderungen der Praxis in die Forschung zu bringen und darüber neue Lösungsansätze zu finden. Im Wesentlichen geht es um Informationsprozesse, Freiwilligenmanagement, Modellierung und Simulation im Krisenmanagement sowie Sicherheit der öffentlichen Infrastruktur.

Wer nimmt daran teil?
Neben Forschungseinrichtungen und Institutionen sind Vertreterinnen und Vertreter von Ministerien sowie kommunalen und lokalen Behörden, von Rettungsdiensten wie der Feuerwehr oder dem Technischen Hilfswerk (THW) und von Fachverbänden und Organisationen vor Ort.

Gab es einen konkreten Anlass, diese Veranstaltung 2014 ins Leben zu rufen?
Ja. Bei der Hochwasserkatastrophe 2013, von der weite Teile Deutschlands betroffen waren, stellten wir erstmals fest, in welch großem Ausmaß Spontanhelfende auftraten. Das sind Menschen, die an keine Hilfsorganisation angebunden sind, sondern aus freien Stücken anreisen, um zu helfen. Oft organisieren sich Gruppen eigenständig über soziale Netzwerke. Das muss aber koordiniert werden, sonst entsteht Chaos. Gerade für den Umgang mit Spontanhelfenden war der Austausch hilfreich.

Worauf kommt es dabei an?
Entscheidend ist die richtige Kommunikation auf allen Ebenen. Anfangs war zum Beispiel die Skepsis gegenüber Spontanhelfenden auf Seiten der BOS, der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben, groß. Sie wollten die Leute nach Hause schicken. Damit würde man aber wertvolle Ressourcen verschwenden. Es zeigt sich ja immer wieder, dass diese Menschen Großes leisten. Man muss aber eine Sprache finden, die jeder versteht. Mit behördlichem Jargon oder Kommandoton kommen Sie nicht weit.

Man will niemanden verschrecken, der sich einbringen möchte.
Richtig. Man ist froh um jeden, der seinen Einsatz vielleicht zum Anlass nimmt, sich einer Hilfsorganisation anzuschließen. Zugleich dürfen die Helfenden den professionellen Bevölkerungsschutz nicht stören. Ihnen muss klar sein: Wenn eine bestimmte Aktion kontraproduktiv ist, müssen sie diese lassen.

Haben Sie ein Beispiel?
2013, in Dresden, haben Spontanhelfende gemeinsam mit ehemaligen THW-lern eine fantastische Sandsackmauer gebaut. Sie war jedoch im Weg, und die Feuerwehr musste sie mühsam wieder abreißen. Da der Aufruf zum Bau der Sandsackmauer aber im Netz stehen blieb, stand am nächsten Tag dort wieder eine Mauer. Hier durften beide Seiten dazulernen: Spontanhelfende müssen daran denken, Aufrufe mit Ablaufdatum zu versehen, und die BOS muss Social Media im Blick behalten. ■

Stefan Voßschmidt

ist Jurist und startete 1993 seine Karriere im öffentlichen Dienst, zunächst als Regierungsrat beim Bundesamt für die Anerkennung ausländischer Flüchtlinge, heute BAMF. 1994 wechselte er in die Verwaltung des Bundeskriminalamts und 2009, für drei Jahre, ins Bundesinnenministerium. Seit 2012 arbeitet er als Dozent im Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. In seinen Aufgabenbereich fällt das Thema Spontanhelfende. Neben seiner Lehrtätigkeit hat er zahlreiche Artikel und einige Bücher zum Thema Katastrophenschutz veröffentlicht.

Online weiterlesen

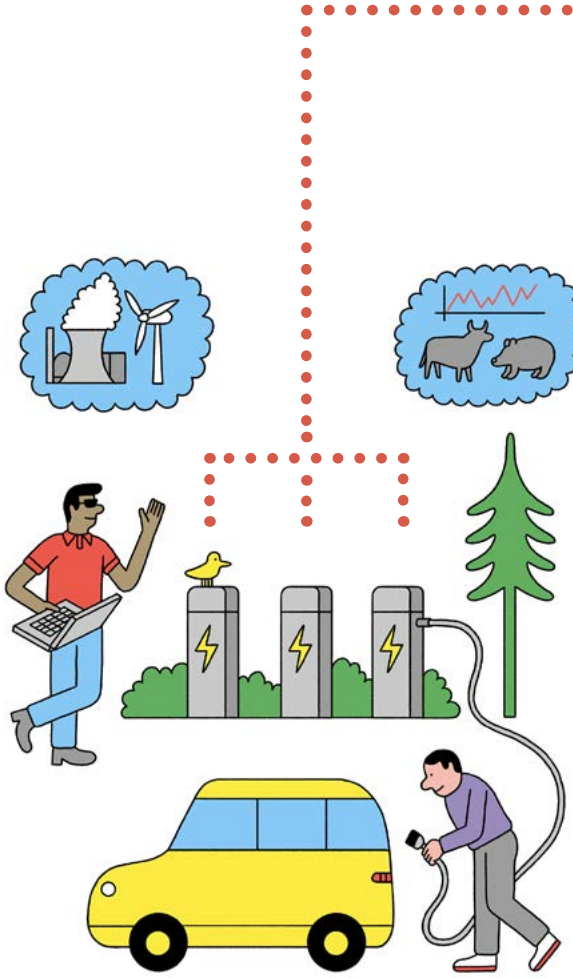
In der Webversion dieses Beitrags finden Sie weiterführende Informationen sowie die Handlungsempfehlung »Spontanhilfe im Einsatz« als kostenloses PDF.

iao.fraunhofer.de/m250109

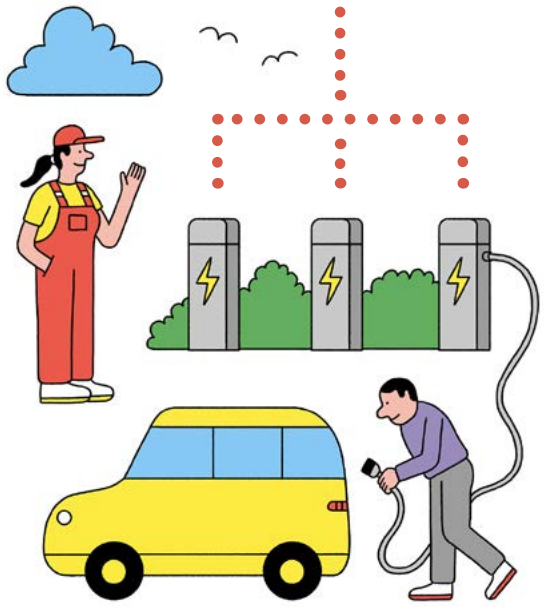
EINE für alle

Den eigenen Stromanbieter an jede Ladesäule mitnehmen? Das Projekt **»BANULA«** macht's möglich – und bringt Transparenz und Zuverlässigkeit in einen undurchsichtigen Markt.

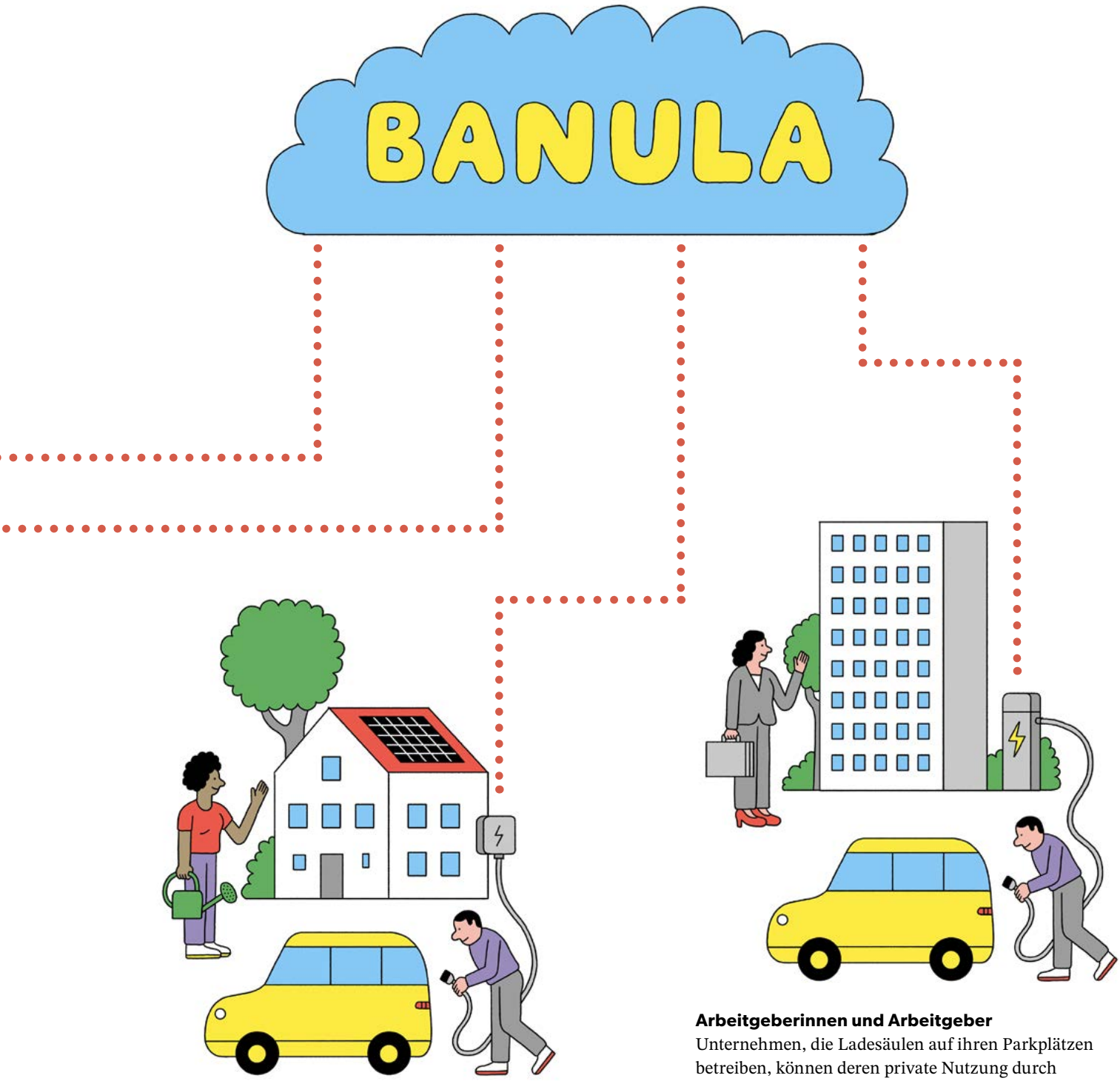
Hohe Ladepreise, viele Ladekarten: Wer ein E-Auto fährt, steht vor einem Dschungel der Angebote. Und wer als Unternehmer oder Hausbesitzer eine Ladesäule besitzt, stellt diese E-Auto-Fahrenden oft nicht zur Verfügung, weil der administrative Aufwand der Stromabrechnung zu hoch ist. Eine Lösung für diese Probleme bietet das Projekt »Barrierefreie und Nutzerfreundliche Lademöglichkeiten«, kurz: BANULA. Es ermöglicht Kundinnen und Kunden, den Strom ihres eigenen Hauslieferanten oder der eigenen Photovoltaik-Anlage an jeder Ladesäule zu tanken. Und es nimmt den Menschen oder Institutionen, die Ladesäulen betreiben, viel Arbeit ab. Wer in welcher Form von »BANULA« profitieren kann, erfahren Sie hier.



Stromlieferanten, EMPs und Direktvermarkter
In der BANULA-Welt haben neben dem Fahrstrombereitsteller auch Stromlieferanten und Direktvermarkter Zugang zu den Ladesäulen. Damit ist es beispielsweise möglich, den Strom einer Windanlage zeitgleich an einer Ladesäule zu laden und so einen wichtigen Beitrag zur Energiewende zu leisten.



Ladepunktbetreiber
CPO (»Charge Point Operator«) nennen sich Menschen, Institutionen oder Unternehmen, die E-Ladesäulen betreiben. Neben dem Ladesäulenbetrieb kaufen sie Strom ein und verkaufen diesen an die Kundinnen und Kunden. Dieser Stromein- und verkauf geht im BANULA-Modell auf den »Fahrstrombereitsteller« (FSB oder englisch EMP) der Kundinnen und Kunden über, sodass sich ein CPO auf sein Kerngeschäft, den Ladeinfrastrukturbetrieb, konzentrieren kann. Dafür erhält er eine Gebühr, das Infrastrukturentgelt. Und eine Ladesäule, an die man den eigenen Stromvertrag »mitnehmen« kann, ist für Kundinnen und Kunden natürlich viel interessanter als eine, bei der man an einen anderen Fahrstrombereitsteller gebunden ist.



Eigentümerinnen und Eigentümer von Ein- oder Mehrfamilienhäusern
Parkplätze von Wohnhäusern sind sehr geeignete Ladesäulen-Standorte. Wer hier in seinem Eigentum lebt, kann die Ladesäule anderen zur Verfügung stellen, ohne sich um die Abrechnung zu kümmern. Wer sein Eigentum nicht selbst nutzt, bietet seinen Mieterinnen und Mietern die Nutzung an – und hat auch hier dank »BANULA« nichts mit der Abrechnung des Stroms zu tun. Einziger Aufwand: die Verwaltung einer Bereitstellungspauschale für die Nutzung der Säule.

Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber
Unternehmen, die Ladesäulen auf ihren Parkplätzen betreiben, können deren private Nutzung durch Mitarbeitende anbieten, ohne sich mit dem Verkauf des Stroms – und allem, was administrativ und steuerrechtlich damit zu tun hat – zu beschäftigen. Die Hemmschwelle, Ladesäulen zur Nutzung anzubieten, sinkt.

Online weiterlesen

In der Webversion dieses Beitrags finden Sie weiterführende Informationen über unsere Forschung zur E-Mobilität.

iao.fraunhofer.de/m250110

Der **WEGBEREITER**

Dr. Truong Le, Fachreferent für Creative Innovation am Fraunhofer IAO, sieht seine Mission darin, anderen Menschen die neuen Technologien nahezubringen.

Dr. Truong Le

wurde in Vietnam geboren und kam als Kind nach Deutschland. Er studierte Wirtschaftsingenieurswesen an der Technischen Universität Hamburg-Harburg und zog nach seinem Diplomabschluss 2005 nach Stuttgart, weil er sich auf eine Stelle bei der Fraunhofer-Technologie-Entwicklungsgruppe TEG beworben hatte und hier die Chance sah zu promovieren. Nach Auflösung der TEG wechselte er 2009 ans Fraunhofer IAO und arbeitet dort seitdem als wissenschaftlicher Mitarbeiter. Seine Promotion schloss er 2019 ab.

Ich hatte nicht geplant, in die Forschung zu gehen, das ergab sich eher. Der Auslöser war eine Vorlesung im Studium über Innovationsmanagement, die mich begeisterte. Der Professor, eine Koryphäe auf dem Gebiet, ließ mich für meine Diplomarbeit ein Forschungsprojekt in Japan betreuen. Das waren die ersten Schritte in diese Richtung, darauf wollte ich aufbauen. Nach meinem Abschluss fand ich dann eine Stellenanzeige der Fraunhofer-Technologie-Entwicklungsgruppe, die perfekt zu mir passte, und kam nach Stuttgart. Das ist 20 Jahre her.

Heute ist Innovationsmanagement für mich relevanter denn je. Unternehmen stehen stets vor zwei zentralen Fragen. A: Welche Trends sind für meinen Betrieb so relevant, dass wir langfristig damit profitabel sein können? Und B: Wie muss ich mich anpassen, um diese Chancen zu nutzen? Hier kommen wir ins Spiel. Es braucht Menschen, die anderen erklären, wie die neuen Technologien funktionieren, wie sie diese für sich nutzen können. Das ist zu meiner Mission geworden.

In meiner Rolle als Forscher sehe ich mich als eine Art Übersetzer. Für mich hat das eine besondere Bedeutung. Ich war elf, als wir nach Deutschland kamen. Damals musste ich nicht nur eine neue Sprache lernen, sondern mich auch in einer fremden Kultur zurechtfinden. Wir hatten das Glück, eine pensionierte Lehrerin im Umfeld zu haben, bei der ich Hausaufgaben machen konnte. Sie legte Wert darauf, uns auch die Kultur ihres Landes zu vermitteln, die Werte, worauf es ankam. Damit baute sie mir eine Brücke in die für mich neue Welt. Wer weiß, welche Weichen das gestellt hat, denn das, was ich heute beruflich mache, ist nicht weit davon entfernt.

Schon im Studium stand ich zwischen zwei Fachdisziplinen: Wirtschaft und Ingenieurswesen. Ich fand über das Innovationsmanagement zu Fraunhofer, wo wir auch zwei Welten zu verbinden versuchen, Forschung und Industrie. Mein Dissertationsthema war Bionik – eine Wissenschaft, die Lösungen aus der Natur in die Ingenieurwelt überträgt. Noch heute habe ich diese Mittlerrolle: Als Fachreferent für Creative Innovation führe ich größere Projekte teamübergreifend durch, bin ein Bindeglied zwischen den Teams.

Hinzu kommt: Es war mir stets ein Anliegen, komplexe Sachverhalte in einfacher Sprache zu vermitteln. Wie erlernt man das? Indem man regelmäßig Workshops für Kinder und Jugendliche organisiert und sich vor diesem jungen Publikum präsentiert. Hier schließt sich ein weiterer Kreis: Als Forscher verstehe ich es als meinen Auftrag, Impulse zu setzen. Wenn ich bei den jungen Leuten dann diese Aha-Momente sehe, ihre leuchtenden Augen und Begeisterung für die neuen Technologien, freut mich das und gibt mir das Gefühl, diesen Auftrag erfüllt zu haben. ■

Lust auf Forschung?

Hier finden Sie Infos zu Jobs und Karriere:

iao.fraunhofer.de/m250111

Fraunhofer
IAO
Fraunhofer-Institut für Arbeits-
wirtschaft und Organisation IAO
Gestalten Sie die Mobilitäts- und Energiewende mit uns
Seien Sie dabei!
Am 3. und 4. Dezember 2025 finden das »Forum Future Car« und das 4. »Forum Bidirektionales Laden« statt.
Sichern Sie sich jetzt Ihr Kombiticket und sparen Sie 250 Euro mit dem Code FORWARD.
Chance ergreifen und Teil der Community werden!

Ein **STARKER** Partner

Wie kann Technologie helfen, mit nachhaltigen Geschäftsmodellen mehr Wohlstand und Lebensqualität zu schaffen? Dieser Frage widmet sich das Fraunhofer IAO gemeinsam mit dem Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT der Universität Stuttgart. Das Technologiemanagement untersucht, wie technische Produkte und Prozesse geplant, gestaltet, geprüft, verbessert und eingesetzt werden können – und das aus den Perspektiven von Mensch, Unternehmen und Umwelt. Die Arbeitswissenschaft zielt darauf ab, technische, organisatorische und soziale Bedingungen von Arbeitsprozessen systematisch zu analysieren und zu optimieren.

Universität Stuttgart
Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT

So geht's **WEITER**

Transformation der produzierenden Industrie

Die produzierende Industrie steht vor einer tiefgreifenden Transformation: Advanced Systems Engineering, agile Organisationsformen, Künstliche Intelligenz und Industrial Metaverse stellen traditionelle Prozesse infrage und ermöglichen neue Formen der Kooperation und Datenintegration. In der **Ausgabe 2/25** von **»FORWARD** beschäftigen wir uns mit der Frage, wie sich dieser Wandel mithilfe von Transformation Governance strategisch steuern lässt.

Haben Sie zu diesem Thema eine Frage?

Dann schreiben Sie uns! Wir geben Ihre Fragen an unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler weiter.

iao.fraunhofer.de/m250114

Impressum

Herausgeber Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO (eine rechtlich nicht selbstständige Einrichtung der Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V., Hansastraße 27c, 80686 München) **Redaktion** Univ.-Prof. Dr.-Ing. Oliver Riedel, Univ.-Prof. Dr. rer. oec. habil. Katharina Hölzle, MBA, Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Bauer, Tobias Höpfer, Sebastian Stegmüller, Dipl.-Ing. (FH) Juliane Segedi, Hanna Steinbach, Dr.-Ing. Stephan Wilhelm **Projektleitung** Dipl.-Ing. (FH) Juliane Segedi **Kontakt** Fraunhofer IAO, Kommunikation und Netzwert, Dr.-Ing. Stephan Wilhelm, Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart, Tel. +49 711 970-2124, Fax +49 711 970-2299, presse@iao.fraunhofer.de **Konzept** Dipl.-Ing. (FH) Juliane Segedi, Valentin Buhl, Hanna Steinbach **Layout und Produktion** Valentin Buhl **Text und konzeptionelle Beratung** Mathias Becker, Wolfgang Behnken, Sonja Helms, Behnken, Becker + Partner GbR, Holländische Reihe 11, 22765 Hamburg, www.behnkenbecker.hamburg, info@behnkenbecker.hamburg **Korrektorat** Andreas Feßer **Druck** Fraunhofer-Druckerei, Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Fotografie S. 1 u., S. 5–11, S. 14–17, S. 24–32 und S. 36 Aristidis Schnelzer | S. 19–23 Ludmilla Parsyak **Weitere Bildnachweise** Titelbild Thomas Kuhlenbeck | Portraitzeichnungen Editorial und S. 33 Bernd Schifferdecker S. 2 Alexander Volkmann | Illustration S. 12 Jelka Lerche | Illustration S. 23 Maren Amini | S. 33 © Kevin Nehring Media | Illustration S. 34 Jochen Schievink | Umschlaginnenseite © Zay Win Htai – Adobe Stock (KI-generiert).

DOI http://dx.doi.org/10.24406/publica-4627

CC BY ND

Alle Inhalte und vieles mehr finden Sie in der Onlineausgabe und unter

www.iao.fraunhofer.de