

future

Das Forschungsmagazin der Universität Siegen 2026
University of Siegen Research Magazine

Wie wir mit künstlicher Intelligenz die Zukunft formen / Shaping the future with AI

Wenn Sensoren denken When sensors think



Foto / Photo Hanna Witte

Wie sieht Zukunft aus? An der Universität Siegen gibt es viele Antworten. Forschende arbeiten beispielsweise daran, den Straßenverkehr so zu gestalten, dass alle profitieren. Sie untersuchen, wie Politik sich verändert, wenn Umfragen den Takt bestimmen. Sie erkunden, warum Schule nicht für alle gleich funktioniert und wie es besser gehen könnte. Sie analysieren Chancen und Risiken täuschend echter KI-Bilder. Und sie erforschen, wie Elektroautos in eine Kreislaufwirtschaft integriert werden können. Unterschiedliche Themen, doch alle berühren die Frage, wie wir künftig als Gesellschaft zusammenleben.

Mit dem neuen INCYTE-Gebäude verfügt die Universität Siegen über eine deutschlandweit einzigartige Infrastruktur. Hier arbeiten die verschiedenen Disziplinen der Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät zusammen, um intelligente Sensoren und neue Materialien für Medizin, Industrie und Mobilität zu entwickeln – und mit modernster Analytik zu durchleuchten. Parallel laufen im INCYTE mit der jüngst durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung geförderten Pilotlinie WISENT und dem europäischen Master-Studienprogramm EMINENT für die Entwicklung der Nanotechnologie am Standort bereits jetzt bedeutende interdisziplinäre Projekte.

Mit dem Exzellenzcluster »Color meets Flavor« des Departments für Physik ist die Universität Siegen einer der Vorreiter der internationalen Spitzenforschung in der Teilchenphysik – zu Quarks, Materie und Antimaterie und der Entstehung des Universums.

Allen Bereichen ist gemeinsam: Die Universität Siegen überwindet Grenzen – innerhalb von Disziplinen, zwischen Forschung und Anwendung, zwischen Wissenschaftsfeldern. Immer wieder gelingt es, Brücken zu bauen, wo zuvor kaum überwindbar erscheinende Gräben waren. Genau in dieser Offenheit für Vielfalt und Neugier wird die Zukunft gestaltet.

Professor Dr. Andreas Kolb
 Prorektor für Forschung, Infrastruktur und Vernetzung
 Prorector for Research, Infrastructure and Collaboration

What will the future look like?

The University of Siegen delivers many answers. For example, researchers are working on how road traffic can be designed to benefit everybody. They are examining how politics is affected when opinion polls dominate the discourse. Or why school isn't the same for everyone – and how to make it better. Siegen's researchers are assessing the risks and opportunities posed by deceptively realistic AI-generated images. And they are analyzing how electric cars can be integrated into a circular economy. These are very different topics, but they all touch on how we will live together as a society in the future.

With the new INCYTE building, the University of Siegen now draws on an infrastructure that is unique in Germany. The various disciplines of the School of Science and Technology come together here to develop intelligent sensors and novel materials for use in medicine, industry, and mobility, and state-of-the-art analytics are applied to scrutinize the results. At the same time, important interdisciplinary projects are already underway at INCYTE with the WISENT pilot line, recently funded by the European Regional Development Fund, and the European Master's degree program EMINENT for the development of nanotechnology.

With the Cluster of Excellence »Color meets Flavor« of the Department of Physics, the University of Siegen is one of the pioneers of international cutting-edge research in particle physics – on quarks, matter, and antimatter, and the origin of the universe.

What unites all these projects is that they show how the University of Siegen transcends boundaries – between disciplines, research, and application, and fields of science. Again and again, research in Siegen builds bridges that connect seemingly disparate subject areas. It is precisely this openness to diversity and curiosity that will shape the future.

Wenn Sensoren denken / When sensors think

04



Wenn Sensoren denken – wie wir mit Künstlicher Intelligenz die Zukunft formen

When sensors think – shaping the future with AI

Sensoren prägen unseren Alltag. Mit dem INCYTE wurde jetzt ein Forschungsgebäude von Weltformat in Betrieb genommen, das die Entwicklung intelligenter Sensoren für Jahre prägen wird.

Today, sensors are part of our daily lives. The University of Siegen recently opened its world-class research center INCYTE. It is set to shape the development of smart sensors for years to come.

Hightech-Gebäude für die Sensoren der Zukunft

High-tech building for the sensors of the future

Siegen wird durch das INCYTE-Hightech-Gebäude zur Zentrale für die Entwicklung von Nanomaterialien und der Sensorik der Zukunft.

The INCYTE high-tech building will make Siegen a hub for the development of nano-materials and sensor technology.



10

24



Von der Idee bis zum Prototypen

From idea to prototype

Das Herzstück des INCYTE ist die Pilotlinie WISENT, in der Sensoren gefertigt, analysiert und optimiert werden.

The beating heart of INCYTE is the WISENT pilot line. This is where sensors are manufactured, analyzed, and optimized.

28



Zwischen Handzeichen und Algorithmen: Straßenverkehr von morgen

From hand signals to algorithms: Tomorrow's road traffic

Ein Forschungsteam untersucht, wie sich der Straßenverkehr so gestalten lässt, dass alle Verkehrsteilnehmer profitieren. Dabei nutzen die Forschenden Sensoren und Künstliche Intelligenz.

A research team at the University of Siegen is studying how road traffic can be organized so that everyone benefits. The researchers are using a wide range of sensors and artificial intelligence.

Die Sensor-Experten von morgen

Tomorrow's sensor experts

Für die Entwicklung intelligenter Elektronik werden Fachkräfte benötigt, die in verschiedenen Disziplinen geschult sind. Der internationale Masterstudiengang EMINENT bildet sie aus.

The development of intelligent electronics demands specialists. The Master's degree program EMINENT trains them.



36

Aus den Fakultäten / From the Schools

42 Politisches Handeln zwischen Volk und Forsa

Political action between people and popularity

49 Warum Schule nicht für alle gleich funktioniert – und wie es besser gehen könnte

Making school work for everyone

57 Täuschung auf Knopfdruck

Fake or real – how can we tell?

68 Elektroautos im Kreislauf fahren

Electric cars go circular

76 Endgültiger Ritterschlag für die Siegener Teilchenphysik

The ultimate accolade for Siegen Particle Physics

82 Einblicke Universität Siegen / Insights into the University of Siegen

86 Autorinnen und Autoren / Authors

88 Impressum / Imprint

Wenn Sensoren denken – wie wir mit Künstlicher Intelligenz die Zukunft formen

When sensors think –
shaping the future with AI

Autor / Author Tim Schröder

Sensoren sind längst etwas Alltägliches. Sie werden zu Tausenden in Geräten und der Welt, die uns umgibt, eingesetzt. Allerdings produzieren sie Unmengen an Daten, die kaum noch zu bewältigen sind. Benötigt werden daher intelligente Sensoren, die Daten selbst verarbeiten. Mit dem INCYTE wurde an der Universität Siegen jetzt ein Forschungsgebäude von Weltformat in Betrieb genommen, das die Entwicklung intelligenter Sensoren für Jahre prägen wird.

Today, sensors are part of our daily lives. Thousands of them are integrated in the devices we use and they surround us everywhere we go. However, they generate vast data volumes that are already becoming unmanageable. This has prompted interest in the idea of intelligent sensors that process their own data. The University of Siegen recently opened its world-class research center INCYTE. It is set to shape the development of smart sensors for years to come.

Sie sind klein, unauffällig und tun ihren Dienst meist, ohne dass man viel davon mitbekommt. Vor allem sind sie erstaunlich vielseitig einsetzbar. Die Rede ist von Sensoren. Moderne Küchenmixer haben einen Sensor, der den Motor abschaltet, wenn der Teig zu zäh ist. Autos sind mit Regensensoren ausgestattet, die automatisch den Scheibenwischer einschalten, wenn die ersten Tropfen fallen. Und für viele Menschen ist inzwischen tragbare Elektronik mit Sensorfunktion selbstverständlich – etwa Armbanduhren, die den Puls oder sogar die Sauerstoffsättigung des Blutes messen, oder Kameras, die Fahrradfahrer automatisch erkennen und selbstständig den Bremsvorgang einleiten. Nach Angaben des Branchenspezialisten IoT Analytics gab es im Jahr 2024 weltweit bereits 18,8 Milliarden sogenannter Internet-of-Things (IoT)-Geräte, die mit Sensoren ausgestattet sind und über das Internet kommunizieren können. Für die kommenden Jahre erwarten Branchenexperten ein Wachstum von 13 Prozent.

Schluss mit gigantischen Datenströmen

Doch dieses Wachstum bringt Herausforderungen mit sich, denn je mehr Sensoren es gibt, desto größer werden die Datenmengen, die es zu verarbeiten gilt. Künftig sollen unter anderem Sensoren zum Einsatz kommen, die im Trinkwasser Krankheitserreger aufspüren – etwa Legionellen, Bakterien, die eine Lungenentzündung verursachen können. Doch wenn Hunderttausende von Sensoren ihre Messwerte zur Analyse an ein Rechenzentrum schicken, kommen große Datenströme zusammen. Je mehr Daten es gibt, desto mehr Informationen müssen Computer und Rechenzentren weltweit verarbeiten. Das verbraucht bereits heute gigantische Mengen an Strom.

Die Lösung besteht darin, Sensoren kleiner, effizienter und vor allem intelligenter zu machen. Statt Milliarden von Messdaten hin- und herzuschicken, sollen diese direkt auf dem Sensorchip ausgewertet werden; vor allem mithilfe von Künstlicher Intelligenz, die Informationen wie etwa Messwerte oder Bilddaten interpretieren kann. Dank dieser schlauen Sensoren sollen technische Anlagen innerhalb von Sekunden selbst entscheiden, was zu tun ist, statt die Daten zur Analyse an Zentralrechner zu schicken. Windenergieanlagen könnten zum Beispiel selbstständig eine Warnung geben, wenn der Sensor erkennt, dass ein Bauteil verschleißt; und an Fließbändern könnten intelligente Kamerasensoren die Qualitätskontrolle vereinfachen, indem sie defekte Bauteile erkennen, ohne dass es eines Computers bedarf. Doch bislang fehlt es an solchen kleinen, intelligenten Sensoren.

They are small, discreet, and usually do their job unnoticed in the background. But above all, they are surprisingly versatile. We are talking about sensors. Modern food processors feature sensors that switch off the motor if the dough gets too tough. Cars come with rain sensors that automatically activate the windscreen wipers at the first drop of rain. And for many, mobile electronic devices with sensor functions are part of everyday life. Just two examples: watches that track heart rates or even blood oxygen levels and cameras that automatically detect cyclists and induce braking. Industry specialist IoT Analytics estimates that around 18.8 billion IOT devices with sensors capable of transmitting information via the Internet were in use globally in 2024. Experts predict a growth rate of 13 percent over the next few years.

Curbing gigantic data volumes

But this growth comes at a cost. The more sensors are in use, the larger the data volumes that need to be processed. Even more sensors are likely to be added in the future – for example, to detect legionella bacteria in drinking water that can cause pneumonia. It's clear that hundreds of thousands of sensors transferring measured values to a data center for analysis result in vast data flows. The more data is available, the more information computers and computer centers worldwide have to process. Even today, this consumes massive amounts of electricity.

The solution is to make sensors smaller, more efficient, and above all more intelligent. Instead of sending billions of information packages back and forward, it would be better if they were analyzed directly on the sensor chip. This could be achieved with AI capable of interpreting measured values and image data. With these smart sensors, technical systems could take decisions themselves within seconds instead of transferring data to computer centers for analysis. For example, wind turbines could autonomously alert the operator when sensors detect wear on a component, and intelligent cameras on assembly lines could simplify quality assessment by recognizing defects without a computer. But there's a problem: compact, intelligent sensors like this aren't yet available.

Ein Forschungsgebäude (hoch)spezialisiert auf die Sensorentwicklung

Deshalb treibt die Universität Siegen die Entwicklung jetzt mit einer ganz besonderen Infrastruktur voran, die Maßstäbe setzt: dem neuen Forschungsgebäude INCYTE, das durch das jahrelange vehemente Engagement von Professor Dr. Peter Haring Bolívar ermöglicht und durch ein schlagkräftiges Konsortium bestehend aus erfahrenen Fachplanern, Endnutzern, Baudezernat, der Fakultäts- und Universitätsleitung, dem Bau- und Liegenschaftsbetrieb (BLB) und der Landesregierung effizient umgesetzt wurde. Es vereint erstmals die gesamte Produktionskette vom Entwurf eines Sensorchips über die Herstellung und die Analytik bis hin zur künstlichen Intelligenz in einem Gebäude. Die Abkürzung INCYTE steht für »Interdisziplinäres Forschungszentrum für Nanoanalytik, Nanochemie und cyber-physische Sensortechnologien«, eine Bezeichnung, die das beschreibt, was die Forschung hier auszeichnet: Wer winzige, intelligente Sensoren mit maßgeschneiderten Eigenschaften herstellen will, muss auf der Nanoskala arbeiten und verschiedene Disziplinen zusammenbringen – die Informatik, die Elektrotechnik, die Materialforschung, Analytik-Know-how sowie biologische, chemische und physikalische Expertise. »Insofern ist dieses Laborgebäude einzigartig«, sagt Prof. Dr. Andreas Kolb, Prorektor für Forschung, Infrastruktur und Vernetzung an der Universität Siegen.

Insgesamt ist hier ein Hightech-Campus unter einem Dach entstanden, der alle für die Sensorchip-Entwicklung erforderlichen Forschungsgeräte, Mikroskope, Labore und Reinräume umfasst. Es gibt kaum andere Forschungsstandorte, an denen all das an einem Ort zu finden ist. In Siegen selbst waren die verschiedenen Labore und Geräte bisher über mehrere Campus-Standorte verstreut. Auf der Basis eines offenen Infrastrukturkonzepts, das von Prof. Dr. Peter Haring Bolívar und Prof. Dr. Benjamin Butz maßgeblich konzipiert wurde, ist eine Vielzahl von neuen Maschinen und modernisierten Anlagen nicht nur allgemein zugänglich, sondern für verschiedene Anwendungen einsetzbar.

A research building dedicated to sensor development

That is why the University of Siegen is now driving development with INCYTE, a new research building with a groundbreaking infrastructure made possible through years of hard work by Professor Dr. Peter Haring Bolívar. It was brought about efficiently by an impressive consortium consisting of top-class experts, end users, the university's building department, faculty and university management, the Building and Real Estate Management, and the state government. For the first time, the entire production chain from chip design, to analytics, to AI is brought together in a single building. INCYTE stands for Interdisciplinary Center for Nanoanalytics, Nanochemistry and Cyber-Physical Sensor Technologies, which precisely describes the research carried out here. Creating tiny, intelligent sensors with tailored properties requires work on the nanoscale across several disciplines – IT, electrical engineering, materials research, analytics as well as expertise in biology, chemistry, and physics. »That's what makes this lab unique,« says Prof. Dr. Andreas Kolb, Prorektor for Research, Infrastructure, and Collaboration at the University of Siegen.

The university has created a high-tech campus that contains all the research instruments, microscopes, labs, and clean rooms required for sensor chip development under one roof. There are only very few research centers that combine all this at one site. In Siegen, the various labs and equipment were previously spread over several campuses. Based on an open infrastructure concept, which was largely designed by Prof. Dr. Peter Haring Bolívar and Prof. Dr. Benjamin Butz, a large number of new machines and modernized systems are not only generally accessible, but can also be used for various applications. New high-tech devices

Foto / Photo Sascha Hüttenhain



Zudem kommen neue Hightech-Geräte unter anderem für die Sensorchip-Entwicklung und Analytik hinzu. Im Besonderen lassen sich sogar hochempfindliche Sensoroberflächen herstellen und anschließend schnell und einfach unter Schutzatmosphäre, im Vakuum oder sogar tiefgekühlt in benachbarte Labore überführen, um sie dort weiter zu prozessieren oder mit Spezialmikroskopen zu analysieren. Ebenso können in den von Prof. Dr. Sybille Krauss und Prof. Dr. Hans Merzendorfer konzipierten S1- und S2-Biolaboren u. a. neuartige Biosensoren an relevanten Organismen getestet werden. Dieses innovative Konzept der flächendeckenden Verknüpfung verschiedener Gerätschaften mittels adaptierbarer Transferausrüstung wurde aus der Energieforschung von Benjamin Butz übertragen und mag künftig vor allem im Forschungsbereich der Biosensorik Einsatz finden.

Forschungspartner für die Industrie

Insgesamt machen es die Anlagen im INCYTE möglich, hauchdünne Sensoroberflächen aus ganz verschiedenen Materialien für viele neue Anwendungsgebiete herzustellen – etwa für neue Biochips, die Krankheitserreger erkennen oder Blut automatisch analysieren. Heute müssen Blutproben zur Analyse an Labore geschickt werden; künftig sollen intelligente Biosensoren sofort eine Diagnose liefern. »Unsere Forschungsinfrastruktur wird auch externen Partnern zur Verfügung stehen – anderen Universitäten, Instituten, Ausgründungen aus der Universität Siegen und mittelständischen Unternehmen in der Region«,

designed for applications such as sensor chip development or analytics are also being added. Even highly sensitive sensor surfaces can be produced and then quickly and easily transferred to neighboring laboratories in a protective atmosphere, vacuum or even deep frozen for further processing or analysis using special microscopes. The S1 and S2 biolaboratories designed by Prof. Dr. Sybille Krauss and Prof. Dr. Hans Merzendorfer can also be used to test new types of biosensors on relevant organisms. This innovative concept of linking different devices using adaptable transfer equipment was taken from the energy research carried out by Benjamin Butz and appears to be particularly well suited for use in bio-sensor technology research.

Research partner for industry

All these systems make it possible to manufacture ultra-thin sensor surfaces from a wide range of materials for many new application fields, such as innovative bio-chips that recognize pathogens or automatically analyze blood. At present, blood samples always have to be sent to labs for analysis; in future, smart next generation bio-sensors will be able to deliver a diagnosis immediately. »Our research infrastructure will also be available for external partners – other universities, institutes, spin-offs from the University of Siegen, and small and medium enterprises in the region,« says Peter Haring Bolívar. This extra-university research cooperation is important especially for SMEs that don't have the necessary capacity themselves.



Foto / Photo Sascha Hüttenhain

sagt Peter Haring Bolívar. Diese außeruniversitäre Forschungskoooperation ist insbesondere für jene Mittelständler wichtig, denen es an eigenen Kapazitäten dafür fehlt. So gibt es in Südwestfalen und darüber hinaus zahlreiche Unternehmen, die bereits von einer Zusammenarbeit profitieren, darunter Hersteller von metallischen Werkstoffen und Bauteilen, von Hochleistungsbatterien oder medizinischen Produkten. »Unter anderem können im INCYTE Schadensanalysen durchgeführt oder neue Materialien hochaufgelöst untersucht werden – zum Beispiel auch modernste Werkstoffe wie Supraleiter für die Kernspintomografie oder skalierbare Quantencomputer«, sagt Benjamin Butz, der die Konzipierung der Analytik im INCYTE verantwortet.

Many businesses in South Westphalia and beyond are already benefiting from this collaboration, including manufacturers of metallic materials and components, high-performance batteries and medical products. »For example, INCYTE allows researchers to carry out damage assessments or examine new materials in high resolution, including state-of-the-art materials such as superconductors for nuclear magnetic resonance tomography or scalable quantum computers,« says Benjamin Butz, who is responsible for designing the analytics at INCYTE.

Vital for the development of intelligent sensors are computer science expertise and experience in machine learning and AI. These skills are also available at the University of Siegen. Back in the 1990s, the university was an early player in this field, with the establishment of its NRW Center for Sensor Systems (ZESS). Together with INCYTE, ZESS represents the research focus »New Materials, Sensor Technology, and Artificial Intelligence«. ZESS has already incubated a number of start-ups – for example, pmdtechnologies. This company manufactures 3D sensor chips used in mobile devices and medical equipment as well as for autonomous cars for better obstacle detection. »The proximity to ZESS and the many research infrastructures in INCYTE create synergies that take sensor development in Siegen to a whole new level,« says Prof. Dr. Holger Schönherr, Dean of the School of Science and Technology, which INCYTE is part of and which is making a significant contribution to the planning and realization of the building. Many new sensor systems and intelligent materials for numerous applications will be developed here in the coming years.

Zur Entwicklung intelligenter Sensoren gehören vor allem informatische Expertise und Erfahrung im maschinellen Lernen und in Sachen Künstlicher Intelligenz. Auch die finden sich an der Universität Siegen, denn dort wurde bereits in den 1990er-Jahren das NRW-Zentrum für Sensorsysteme (ZESS) geschaffen. Das ZESS repräsentiert zusammen mit dem INCYTE den Forschungsschwerpunkt »Neue Materialien, Sensorik und Künstliche Intelligenz«. Mehrere Start-ups sind bereits aus dem ZESS hervorgegangen – etwa die Firma pmdtechnologies, die 3D-Sensorchips für mobile Endgeräte, Medizin und für autonome Autos herstellt, die damit Hindernisse besser erkennen. »Die Nähe zum ZESS und die vielen Forschungsinfrastrukturen im INCYTE schaffen Synergien, die die Sensorentwicklung in Siegen auf ein ganz neues Niveau heben«, sagt Prof. Dr. Holger Schönherr, Dekan der Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät, an der das INCYTE angesiedelt ist und die einen wesentlichen Beitrag zur Planung und Realisierung des Gebäudes leistet. So werden hier in den kommenden Jahren viele neue Sensorsysteme und intelligente Werkstoffe für zahlreiche Anwendungen entstehen.

INCYTE steht für »Interdisziplinäres Forschungszentrum für Nanoanalytik, Nanochemie und cyber-physische Sensortechnologien«. Es vereint erstmals die gesamte Produktionskette vom Entwurf eines Sensorchips über die Herstellung und die Analytik bis hin zur Künstlichen Intelligenz in einem Gebäude.

INCYTE stands for Interdisciplinary Center for Nanoanalytics, Nanochemistry and Cyber-Physical Sensor Technologies. For the first time, the entire production chain from chip design, to analytics, to AI is brought together in a single building.

Foto / Photo Sascha Hüttenhain



W
H
T
E
C
H
N
O
L
O
G
Y

Hightech-Gebäude für die Sensoren der Zukunft

High-tech building for the sensors of the future

Das INCYTE führt die Sensoranalyse und -fertigung, biochemische Labore und staubfreie Reinräume zusammen. Dieses Gesamtkonzept ist eine Ausnahmerecheinung. Siegen wird damit zur Zentrale für die Entwicklung von Nanomaterialien und der Sensorik der Zukunft.

INCYTE brings together sensor analysis and manufacture, biochemical labs, and clean rooms. It's an exceptional concept that will make Siegen a hub for the development of nano-materials and sensor technology.

Autor/Author Tim Schröder
Fotos/Photos Sascha Hüttenhain

Mit seiner weißen Fassade und den vielen Fenstern wirkt das neue Forschungsgebäude INCYTE auf dem Campus der Universität Siegen auf den ersten Blick wie ein Bürokomplex. Doch drinnen ist Hochtechnologie zu finden, mit der auf der Nanometerskala gearbeitet wird – im Bereich von Milliardenstel Metern. INCYTE steht für »Interdisziplinäres Forschungszentrum für Nanoanalytik, Nanochemie und cyber-physische Sensortechnologien«. Hier werden künftig Chips für intelligente Sensoren entwickelt und gefertigt – Sensoren, die Gase, chemische Moleküle oder Krankheitserreger wahrnehmen, die Belastungen von Maschinen und Windrädern messen und mit denen Kameras und Scanner die Umgebung abtasten oder Gegenstände erkennen. Auf solchen Chips wird der eigentliche Sensor mit einer intelligenten Analyseelektronik verknüpft, die das Sensorsignal auswertet. Wie klein die Dimensionen sind, mit denen es die Wissenschaftler hier zu tun haben, verdeutlicht Prof. Dr. Peter Haring Bolívar, der das INCYTE-Projekt zusammen mit Kollegen der Universität Siegen konzipiert, mit dem Land verhandelt und auf den Weg gebracht hat. »Ein moderner Transistor, also die kleinste Recheneinheit eines Chips, hat die Größenordnung eines menschlichen Haardurchmessers geteilt durch 10.000. Dagegen ist ein Staubkorn riesig.« Das bedeutet, dass im INCYTE jede Verschmutzung durch Staub vermieden werden muss. Dafür ist das Gebäude mit einem 600 Quadratmeter großen Reinraum und einer speziellen Lüftungsanlage ausgestattet.

So groß wie zwölf Basketballfelder

Insgesamt verfügt das INCYTE auf vier Etagen über eine Nutzfläche von rund 5.200 Quadratmetern, so viel wie zwölf Basketballfelder. Besonders ist, dass in dem Gebäude für interdisziplinäre Forschung alle Prozessschritte von der Entwicklung der Sensoren über die Fertigung bis zur Analyse neuer Sensorbeschichtungen zu finden sind.

At first glance, the INCYTE building, with its white facade dominated by windows, looks like a conventional office block. But inside, it's packed with hi tech that works on the nano scale of billionths of meters. INCYTE stands for »Interdisciplinary Laboratory for Nanoanalytics, Nanochemistry and Cyber-Physical Sensor Technologies«. In future, researchers here will develop and produce chips for intelligent sensors capable e.g. of detecting gases, chemical molecules or pathogens, measuring stresses on machinery and wind turbines, and, when integrated in cameras and scanners, of scanning surroundings or objects. The sensors on these chips will be connected with intelligent electronics that analyze their signals. Prof. Dr. Peter Haring Bolívar was responsible, alongside colleagues at the University of Siegen, for the conception of INCYTE, negotiations with the state, and implementation of the project. He explains just how small the dimensions are that the researchers work on here: »A modern transistor, which is the smallest computing unit on a chip, is no bigger than the diameter of a human hair divided by 10,000. Compared to that, a speck of dust is gigantic.« Consequently, dust contamination in the INCYTE center must be completely ruled out. For a dust-free environment, the building features a 600 m² clean room and a special ventilation system.

The size of twelve basketball courts

Over four floors, INCYTE offers a floorspace of 5,200 m², the equivalent of twelve basketball courts. What makes the building for interdisciplinary research so special is that it unites all the process stages from sensor development and manufacture to analysis of innovative sensor coatings. The surface coatings determine what a sensor can measure and detect as well as how sensitive it is.



Prof. Dr.-Ing. Peter Haring Bolívar



Prof. Dr. rer. nat. Benjamin Butz



PD Dr.-Ing. habil. AR Andreas Bablich



Forschung in neuen Laboren: Studentin Melis Altinöz (oben links) und Doktorandin Merle Richter untersuchen Quantenpunkte für hochpräzise 3D-Bildsensoren, während Charles Otieno Ogolla (unten links) und Paul Lobpreis am Transmissionselektronenmikroskop arbeiten.

Research in new laboratories: Student Melis Altinöz (top left) and PhD candidate Merle Richter are investigating quantum dots for high-precision 3D image sensors, while Charles Otieno Ogolla (bottom left) and Paul Lobpreis work with the transmission electron microscope.

Von solchen Oberflächenbeschichtungen hängt ab, was der Sensor später einmal messen und wahrnehmen kann oder wie empfindlich er ist.

In direkter Nachbarschaft der Nanofertigung befinden sich die Laborräume der Nanoanalytik, in denen die neuen Sensormaterialien mit hochempfindlichen Elektronenmikroskopie-Anlagen untersucht werden. Jede Erschütterung von außen würde die Präzisionsmessungen stören. Deshalb wurden die Räume in sieben Metern Tiefe in den massiven Felsen hineingebaut. Damit die Mikroskope absolut schwingungsfrei stehen, wurden sie zudem auf einem separaten, 100 Tonnen schweren Betonfundament befestigt. Wichtig ist auch, elektromagnetische Felder von außen abzuschirmen, da sie die Messungen beeinflussen. Selbst die schwache elektromagnetische Strahlung der Züge, die in zwei Kilometer Entfernung am Campus vorbeifahren, würde stören. Daher sind die Labore mit schützenden Aluminiumwänden ausgekleidet.

Located directly next to nano-manufacturing are the lab rooms for nanoanalytics. Here, novel sensor materials are examined with ultra-sensitive electron microscopes. Any outside vibrations would interfere with the precision measurements. That's why the rooms were built into solid rock at a depth of seven meters. To ensure the microscopes are absolutely vibration-free, they are also mounted on a separate, 100-tonne concrete foundation. It's also vital to shield the building from electromagnetic radiation which would affect the measurements. Even the weakest electromagnetic radiation from the trains that pass the campus two kilometers away would interfere with the systems. Therefore, the labs are lined with protective aluminum walls.

Biolabor und Materialforschung

Zur Ausstattung des INCYTE gehören darüber hinaus Labore der biologischen Sicherheitsstufen S1 und S2, in denen auch mit Viren und Krankheitserregern hantiert werden darf, um neue Bio- oder Medizinsensoren zu entwickeln und zu testen. »Die verschiedenen Disziplinen können im INCYTE perfekt Hand in Hand arbeiten«, sagt Peter Haring Bolívar. »Eine solche Kombination von Nanofertigung, Nanoanalyse, biochemischen Laboren und Reinräumen ist in dieser Zusammenstellung deutschlandweit einzigartig.« Andere Forschungsstandorte verfügten über Teile einer solchen Infrastruktur, nicht aber über ein solches Gesamtkonzept. Daher ist das neue Forschungsgebäude vor allem auch ein attraktiver Forschungsstandort für Kooperationspartner aus der Industrie, die hier neue Materialien herstellen und analysieren können – insbesondere für Mittelständler aus Nordrhein-Westfalen, unter anderem die Firmen Leybold und eleQtron. »Wir setzen stark auf Kooperation mit Experten aus der Industrie und anderen Forschungseinrichtungen«, sagt Dr.-Ing. Andreas Bablich, der für die Koordination des INCYTE-Projekts zuständig ist. Deshalb gibt es im Gebäude zahlreiche Büros für Gastwissenschaftler. Das erleichtert ihnen die Arbeit vor Ort.

Das neue Gebäude bietet noch sehr viel mehr. So wird hier nicht nur an Lösungen für die intelligenten Sensoren der Zukunft gearbeitet, sondern an ganz neuen Materialien für viele verschiedene Anwendungsfelder – beispielsweise für Batterien und Akkus, wie man sie für effizientere und sichere Lithium-Akkus in Smartphones oder Elektroautos benötigt. Die Stärke dieser Materialforschung liegt auch darin, dass die neu entwickelten Materialien auf der Nanometerskala mit Spezialmikroskopen analysiert werden können. Es klingt futuristisch: Für die Analyse wird das Material oder Bauelement nicht nur mit Diamantsägen in mikrometerfeine Scheiben, sondern mit Ionenstrahlen sogar wenige 100 Nanometer dünn geschnitten. Dafür wurden im Jahr 2025 für knapp vier Millionen Euro zwei hochmoderne neue Geräte installiert. »Da Lithium extrem reaktionsfreudig ist und sich leicht entzündet, werden die Proben im Vakuum oder unter Schutzgas und bei minus 196 Grad Celsius unter kryogenen Bedingungen bearbeitet«, sagt Prof. Dr. Benjamin Butz, Spezialist für Mikro- und Nanoanalytik an der Universität Siegen. »Auch das ist im INCYTE möglich.«

Bio-lab and materials research

INCYTE also houses laboratories with biological safety level S1 and S2, where researchers can work with viruses and other pathogens to develop and test new biological or medical sensors. »The various disciplines can work hand-in-hand in the INCYTE building,« says Peter Haring Bolívar. »There's no comparable combination of nano-production, nanoanalytics, biochemical labs, and clean rooms anywhere else in Germany.« Other research facilities feature individual parts of this infrastructure, but none have the full package. All this makes the new research building an attractive research center for cooperation partners in industry, giving them the opportunity to produce and analyze new materials here. Above all, SMEs from North Rhine-Westphalia will benefit, e.g. Leybold and eleQtron. Dr. of Engineering Andreas Bablich, who is responsible for coordination of the INCYTE project, adds: »We focus especially on cooperation with experts from industry and other research organizations.« That's why the building also contains a number of offices for guest scholars who can work on site.

And that's not all: Researchers can work not only on solutions for the intelligent sensors of the future, but also on totally new materials for diverse application fields. Examples include (rechargeable) batteries that are key to more efficient, safer lithium batteries in smartphones and e-vehicles. A particular advantage for material research is that newly developed materials can be analyzed on the nano-scale using special microscopes. It sounds futuristic: Materials or components are not only cut into micrometer-thin slices using diamond saws – with focused ion beams, even thinner slices of just a few hundred nanometers are produced. Two state-of-the-art systems were installed for this purpose in 2025 at a cost of almost four million euros. »Lithium is highly reactive and flammable, so we process the samples in a vacuum or in a protective gas atmosphere under cryogenic conditions at minus 196° Celsius,« says Prof. Dr. Benjamin Butz, who specializes in micro and nanoanalytics at the University of Siegen. »The INCYTE facility gives us the means to do all this.«



Masterstudent Lukas Giehl führt eine Wartung an einer Turbomolekularpumpe durch, mit der Vakuum für Dünnschichtprozesse erzeugt wird.

Master's student Lukas Giehl carries out maintenance on a turbomolecular pump used to generate a vacuum for thin-film processes.

Forschungskompetenz für den Mittelstand

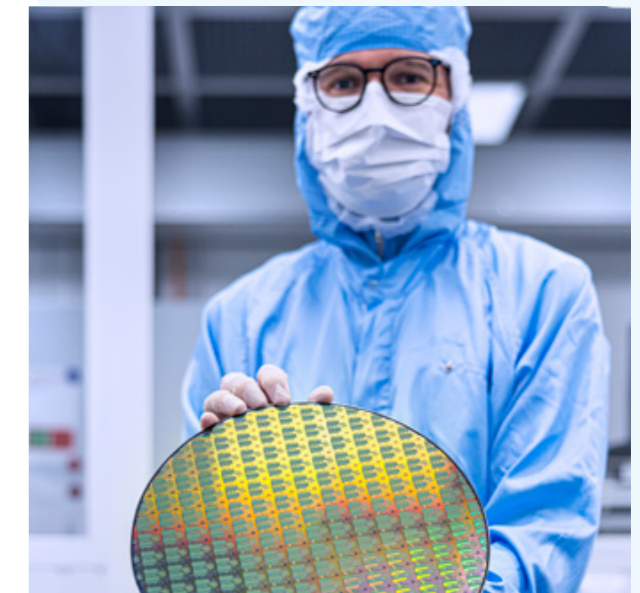
Vor allem Mittelständlern fehlt es oft an der nötigen Infrastruktur, um teils hochriskante Machbarkeitsstudien umzusetzen, neuartige Fertigungsprozesse für neue Materialien zu erproben oder Konzepte bis zum Prototyp weiterzuentwickeln, sagt Andreas Bablich. Das INCYTE bietet den Industriepartnern jetzt die Möglichkeit, mit einer Idee zu kommen und hier zu erproben, ob sie sich realisieren lassen. »Letztlich haben wir hier in Siegen einen Forschungs-Hub geschaffen, der weit über die Region Südwestfalen hinausstrahlt und mittlerweile auch international in der Wissenschaftsgemeinde wahrgenommen wird.«

Da sich im INCYTE künftig viele Forschungspartner aufhalten werden, wurde beim Entwurf des Gebäudes Wert auf Transparenz gelegt. So wurde der Reinraum mit großen Panoramafenstern ausgestattet, durch die man die Experimente beobachten kann. Auch die Bedienräume haben große Fenster. Von diesen Räumen aus können Anlagen im Reinraum gesteuert werden – zum Beispiel bei besonders empfindlichen Fertigungsprozessen. Doch obwohl die Ausstattung technisch vom Feinsten ist, hielten sich die Kosten für das vom Bau- und Liegenschaftsbetrieb Nordrhein-Westfalen errichtete Gebäude in Grenzen. So wurde beispielsweise darauf verzichtet, das ganze Gebäude mit einer Druckluftleitung zu versorgen. Stattdessen kommen sparsame Kompressoren zum Einsatz. Auch an die laufenden Kosten während des Betriebs wurde gedacht: Eine Solaranlage mit einer Fläche von 750 Quadratmetern wird den Strombedarf minimieren.

Research expertise for SMEs

Above all SMEs often don't have the infrastructure to carry out high-risk feasibility studies, test novel manufacturing processes for new materials, or optimize concepts up to the prototype stage, says Andreas Bablich. He points out that INCYTE now offers partners in industry the opportunity to come to the University of Siegen with their ideas and try them out in practice. »Ultimately, we've created a research hub here in Siegen that resonates far beyond South Westphalia. It's already gained a reputation in scientific circles internationally.«

The building was designed with an open character to reflect its function as a place where many research partners will work side-by-side. For example, the clean room features large windows so that experiments can be observed from outside. The control rooms also have large windows. This is where researchers can operate systems inside the clean room, which is essential for highly sensitive manufacturing processes. INCYTE was built by the North Rhine-Westphalia State Construction and Real Estate Department. Even though the technology it features is the very best, the project remained on-budget. The building does without a compressed-air ring circulation system. Instead, low-cost compressors were installed. Operating overheads were also a consideration: A 750 m² solar system will minimize electricity consumption.



Scheibenweise Hightech: Der wissenschaftliche Mitarbeiter Paul Kienitz von der Arbeitsgruppe Graphen-basierte Nanotechnologie hält einen Wafer in der Hand, aus dem Halbleiter-Hochleistungschips für 3D-Bildsensoren und andere Anwendungen gefertigt werden. Das INCYTE bietet dafür perfekte Reinraumbedingungen.

High-tech by the slice: Research associate Paul Kienitz from the Graphene-based Nanotechnology working group holds a wafer that is used to manufacture high-performance semiconductor chips for 3D image sensors and other applications. INCYTE offers perfect clean room conditions for this.



Von Sensormaterialien bis zur Neurobiologie: Die Doktorandin Adriana Geraci ist Expertin für biomedizinische Technik. Sie nutzt die Ausstattung im INCYTE, um herauszufinden, wie neurodegenerative Erkrankungen entstehen.

From sensor materials to neurobiology: PhD candidate Adriana Geraci is an expert in biomedical engineering. She uses state-of-the-art equipment at INCYTE to find out how neurodegenerative diseases develop.

BAU- PHASE CONSTRUCTION PHASE

2009

Konzeptvorstellung für das Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen

Concept presentation to the North Rhine-Westphalia Ministry for Culture and Science

2014

Begutachtung durch den wissenschaftlichen Beirat der Universität Siegen

Review by the Scientific Advisory Board of the University of Siegen

2019

Finale Genehmigung des Raumprogramms für INCYTE, Ausschreibungen, Firmenauswahl und Start der Detailplanung

Final approval of the construction program for INCYTE, call for tenders, selection of companies, and start of detail planning

ab Dez. '21

Vorbereitende Maßnahmen für die Stützwand bei der heutigen Rampe

Preparatory work for the retaining wall

1. Jun. '23

Richtfest mit Staatssekretärin Gonca Türkeli-Dehnert

Topping ceremony with State Secretary Gonca Türkeli-Dehnert

ab 2013

Ausbau des Forschungsbereichs, um Bau zu legitimieren

Expansion of the research area to legitimize construction

2017

Präsentation des Laborbauprojektes im NRW-Wissenschaftsministerium

Presentation of the laboratory construction project to the NRW Ministry of Education and Research

2020

Genehmigung der »Micro and Nanoanalytical Facility« (MNAF) als Core Facility der Deutschen Forschungsgemeinschaft

Approval of the Micro and Nanoanalytical Facility (MNAF) as a core facility of the German Research Foundation

2022

Ab März: Erstellung der Baugrube
Ab August: Start Rohbau
21. Okt.: Grundsteinlegung mit Ministerin Ina Brandes MdL

From March: Excavation work
from August: Start of shell construction
Oct. 21: Laying of foundation stone with State Minister Ina Brandes

Dez. 2025

Fertigstellung und Übergabe an die Universität Siegen

Completion and handover to the University of Siegen



Wenn Sensoren denken



Ein Forschungsgebäude von Weltklasseformat: Im INCYTE entwickeln Wissenschaftler neue Hightech-Chips, nanoskalige Materialien und Biosensoren. Außerdem forschen sie an Batterien für die Zukunft. Dafür steht ihnen eine Nutzfläche von 5.200 Quadratmetern zur Verfügung, so viel wie zwölf Basketballfelder.

A world-class research building: At INCYTE, scientists are developing new high-tech chips, nanoscale materials and biosensors. They are also researching batteries for the future. The facility provides them with 5,200 square meters of floor space – the equivalent of twelve basketball courts.



Präzisionsarbeit in sauberer Umgebung: Im Reinraum wird ein Glasträger untersucht, auf den ultrafeine elektronische Strukturen aufgetragen worden sind. Diese werden für hochintegrierte Sensoren benötigt, die nicht nur messen, sondern auch Daten verarbeiten können.

Precision work in a clean environment: A glass substrate onto which ultra-fine electronic structures have been applied is examined in a clean room. These are required for highly integrated sensors that can not only measure but also process data.

When sensors think



Tiefer Einblick ins Material: Um Sensor-Bauelemente oder Defekte an Bauteilen zu untersuchen, müssen Probenoberflächen mit höchster Auflösung betrachtet werden. Dafür kommen Nanometer-genaue Rasterelektronen- und -ionenmikroskope zum Einsatz, die mit fokussierten Strahlen arbeiten und sogar Material für die Analyse im Sub-Mikrometer-Bereich abtragen können.

Deep insight into the material: In order to examine sensor components or defects in components, sample surfaces must be viewed with the highest resolution using electron and ion microscopes. These systems use focused beams to deliver nanometer precision and can even extract material for analysis on the sub-micrometer level.

NANO-ANALYTIK

NANOANALYTICS

Wenn Sensoren denken

Auch neue Materialien für Hochleistungsbatterien werden im INCYTE anhand dünner Schnitte bis auf die atomare Skala im Transmissionselektronenmikroskop untersucht. Damit das Batteriematerial beim Schneiden und Mikroskopieren nicht überhitzt oder sich entzündet, arbeitet der Doktorand Charles Otieno Ogolla an tiefgekühlten – kryotechnischen – Anlagen.

At INCYTE, transmission electron microscopes are used to examine thin sections of new materials for high-performance batteries down to atom level. To prevent the battery material from overheating or igniting when cutting or examining with the microscope, doctoral candidate Charles Otieno Ogolla is using cryogenic equipment.

BIOSENSORIK

BIOSENSORS

Im neuen Nasschemie-Bereich des INCYTE-Reinraums finden verschiedene Stufen der Sensorherstellung statt. Oberflächen werden gereinigt und mit hauchdünnen Materialien zur nanometergenauen Strukturherstellung beschichtet. Anschließend werden die Sensoroberflächen nachbearbeitet, funktionalisiert und getestet.

Various stages of sensor production take place in the new wet chemistry area of the INCYTE clean room. Surfaces are cleaned and coated with wafer-thin materials for nanometer-precise structure production. The sensor surfaces are then reworked, functionalized, and tested.

When sensors think

FOCUSED ION BEAM (FIB)

Labortechniker und Masterstudent Matthias David Weber an der Ionenfeinstrahl-anlage (Focused Ion Beam); mit dem Ionenstrahl lassen sich Materialien hochpräzise schneiden, um die Schnittflächen Nanometer-genau zu untersuchen. So lässt sich der innere Aufbau neuer Materialien und Bauelemente ergründen.

Laboratory technician and master's student Matthias David Weber at the focused ion beam system – the ion beam can be used to cut materials with high precision in order to examine the cut surfaces down to the nanometer. This allows the internal structure of new materials and components to be explored.

Wenn Sensoren denken

When sensors think

Luftdichte Handarbeit: Materialien für Batterien, Brennstoffzellen, neuartige Solarzellen, Biosensoren oder gedruckte Elektronik reagieren leicht mit Atomen aus der Umgebungsluft. Zudem sind sie empfindlich gegenüber Luftfeuchte. Die Doktoranden Bo Schöler (links) und Jonas Frohne (rechts) bearbeiten die Materialien daher in einer Box, die mit Argon oder Stickstoff gefüllt ist.

Airtight manual work: Materials for batteries, fuel cells, innovative solar cells, biosensors or printed electronics react easily with atoms from the ambient air and are also sensitive to humidity. Because of this, PhD candidates Bo Schöler (left) and Jonas Frohne (right) work with the materials in a box filled with argon or nitrogen.

Die Stärke der Forschung im INCYTE ist ihre Multidisziplinarität. Tür an Tür arbeiten dort Biologen, Chemiker, Physiker, Materialexperten, Informatiker, Maschinenbau- und Elektroingenieure gemeinsam an Projekten, von der Materialentwicklung bis hin zu kompletten integrierten Sensorsystemen. Gut 400 Menschen sind hier aktiv.

The strength of research at INCYTE is its multidisciplinary nature. Biologists, chemists, physicists, material experts, computer scientists, mechanical and electrical engineers work side by side on projects ranging from material development to complete integrated sensor systems. A good 400 people are active here.

FAKTE

INCYTE – Zahlen und Daten
INCYTE – facts and figures

120 km

Kabellänge im Gebäude – etwa die Strecke von Siegen nach Frankfurt a. M.

Length of cables installed – roughly the distance from Siegen to Frankfurt (Main)

630 kVA

(Kilovoltampere) Leistung des Notstromaggregats – damit kann ein kleines Krankenhaus mit ca. 100 Betten betrieben werden.

Emergency power generator – enough to power a small hospital with approx. 100 beds.

Das Gebäude / The building consists of

ca. 10.000 m³ Beton / concrete

Das entspricht ca. 1.500 Betonmischerladungen.

Equivalent to approx. 1,500 concrete mixer loads

ca. 2.000 Tonnen Stahl / tonnes of steel

Das entspricht dem Gewicht von ca. 1.200 Pkw.

Equivalent to the weight of approx. 1,200 cars

ca. 1.500 m² Glasfassade / glazed facade

Das entspricht ca. 6 Tennisplätzen.

Equivalent to approx. 6 tennis courts

ca. 2.000 m² Aluminiumfassade / aluminum facade

Das entspricht ca. 175 Pkw-Parkplätzen.

Equivalent to approx. 175 car parking spaces

ca. 3.000 m² Dachflächen / roof area

Das entspricht ca. der Größe eines halben Fußballfelds.

Equivalent to approx. half a soccer pitch

750 m² Solaranlage / solar power modules

Das entspricht ca. der Größe eines Handballfelds.

Equivalent to approx. one handball court

Die Labore / Laboratories

50

Labore
labs

600 m²

Reinraum
clean rooms

400 m²

Labore der Schutzstufe S1 und S2
labs with protection class S1 and S2

Das Herzstück des INCYTE ist die Pilotlinie WISENT, in der Sensoren gefertigt, analysiert und optimiert werden. Die Maschinen und Anlagen sind nicht nur hochmodern. Sie bieten auch nahezu uneingeschränkte Möglichkeiten, um Sensoren und Sensormaterialien für eine Fülle neuer Einsatzgebiete herzustellen.

The beating heart of INCYTE is the WISENT pilot line. This is where sensors are manufactured, analyzed, and optimized. The machines and systems are not only state-of-the-art, they also offer almost unlimited possibilities for manufacturing sensors and sensor materials for a diverse range of new application fields.

Für die kleinen und intelligenten Sensoren der Zukunft müssen in den kommenden Jahren viele neue Materialien und teils auch ganz neue Sensorkonzepte entwickelt werden. Die im INCYTE vorhandene Technik macht das möglich. Hier finden sich alle Prozessschritte vom Entwurf eines Sensorchips bis zum fertigen Prototyp und natürlich sämtliche Maschinen und Geräte, die man dafür benötigt. »Westphalian Intelligent Sensor Integration Pilot Line«, kurz WISENT, heißt diese nahtlose Hightech-Fertigungslinie, mit der intelligente Sensoren aufgebaut werden. Sie ist das Herzstück von INCYTE.

For tomorrow's tiny intelligent sensors, researchers need to develop a whole raft of new materials and sensor concepts in the coming years. The tech available at INCYTE makes this possible. The building is equipped for all process steps, from the design and engineering of a sensor chip through to the prototype. It features all the machines and equipment necessary. WISENT, or the Westphalian Intelligent Sensor Integration Pilot Line, is a seamless high-tech manufacturing line for the assembly of intelligent sensors. It is the beating heart of INCYTE.

Chiptechnologie auf eine neue Stufe heben

Als Basis für die neuartigen WISENT-Sensoren werden z. B. etablierte Computerchips für eine vergrabene Ausleseelektronik verwendet und Sensoren mit neuartigen und intelligenten Funktionen darüber integriert. Das ist wichtig, weil diese heutzutage in Massen gefertigt werden und preisgünstig sind; entsprechend erschwinglich und konkurrenzfähig kann später auch die neue Sensortechnik sein, die in WISENT zusammen mit den Industriepartnern entwickelt wird. Verwendet werden insbesondere sogenannte CMOS-Chips, die die Industrie zu Millionen in Autos, Uhren oder als Bildsensoren in Kameras verbaut. In WISENT werden diese Standardchips weiterentwickelt und mit ganz neuen Fähigkeiten ausgestattet.

Raising chip technology to the next level

The novel WISENT sensors are based on e.g. established computer chips for buried readout electronics plus integrated sensors for new, intelligent functions. The advantage is that these chips are already mass manufactured, making them cheap. Therefore, the future sensor technology developed on the WISENT together with industrial partners can be affordable and competitive. CMOS chips are a common solution today. Millions of them are integrated in cars, watches, and image sensors in cameras. WISENT is used to further develop these standard chips and give them completely new capabilities.

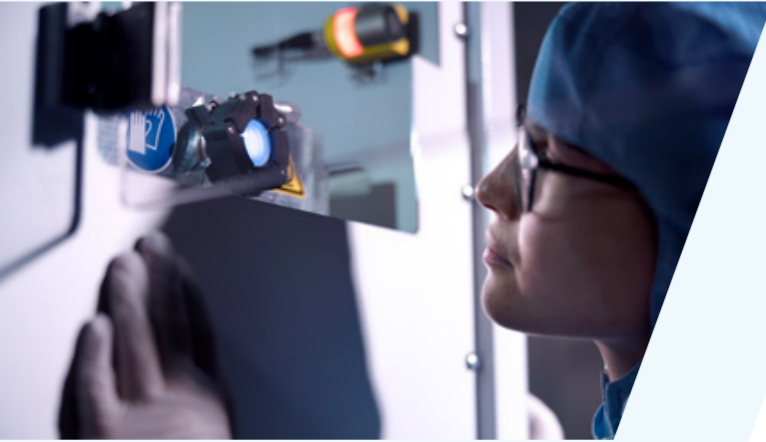
Von der Idee bis zum Prototyp

From idea to prototype

Autor / Author Tim Schröder
Fotos / Photos Sascha Hüttenhain

Yannik Loth forscht an der Professur für Höchstfrequenztechnik und Quantenelektronik. Hier platziert er einen Terahertz-Biosensor auf der Basis von Metamaterialien auf einem Glasträger für hochempfindliche medizinische Diagnostik, z. B. zur Früherkennung von schwarzem Hautkrebs.

Yannik Loth is a researcher at the Chair of High Frequency Technology and Quantum Electronics. Here he is placing a terahertz biosensor, based on metamaterials, on a glass substrate for highly sensitive medical diagnostics, e.g. for the early detection of malignant melanoma.



Ein Beispiel: Bei der Produktion von Chips für Bildsensoren werden normalerweise nacheinander die Auswerte-Elektronik und daneben die eigentliche Sensorfläche mit den lichtempfindlichen Pixeln hergestellt. WISENT verfügt über Anlagen, mit denen sich direkt auf die Elektronik zum Beispiel lichtempfindliche Schichten aufdampfen lassen. Das vereinfacht die Produktion erheblich. »Wir stellen unter anderem Schichten aus Kohlenstoff her, die nur eine Atomlage dick sind, sogenannte Graphenschichten«, sagt der technische Leiter des INCYTE-Projekts, Dr.-Ing. Andreas Bablich. Graphen sei ideal für neuartige 3D-Bildsensoren, weil Graphensensoren das Umgebungsbild sehr gut in der Tiefe auflösen. Autonome Autos können damit besonders gut Hindernisse in der Nähe wahrnehmen. Denkbar sind auch Bildsensoren, die Gesten erkennen, etwa für Arbeitsplätze, an denen kooperierende Roboter und Menschen gemeinsam aktiv sind. Dank der Sensoren können die Roboter Gesten sehr präzise erkennen.

Bildsensoren für die Landwirtschaft

Im Fokus stehen ferner hauchdünne »amorphe« Halbleiterschichten, die sich in WISENT herstellen lassen. In amorphen Halbleitermaterialien liegen Atome chaotisch nebeneinander – im Gegensatz zu kristallinen Schichten, in denen die Atome sauberlich in einem Gitter angeordnet sind. Amorphe Schichten in Kombination mit neuartigen ultradünnen 2D-Materialien sind für optische Sensoren interessant, die theoretisch sämtliche Wellenlängen des Lichts wahrnehmen können – das sichtbare Licht und auch das für den Menschen unsichtbare infrarote und ultraviolette Licht. Hybride Bildsensoren aus amorphen Schichten und 2D-Materialien wären unter anderem für die Landwirtschaft interessant. Der Grund: Der Gesundheitszustand von Pflanzen lässt sich am Licht erkennen, das die Blätter reflektieren. So reflektieren gesunde, gut ernährte und ausreichend gewässerte Pflanzen vor allem infrarotes Licht. Mithilfe von Drohnen, die mit solchen Kamerasensoren bestückt sind, ließen sich in kurzer Zeit große Ackerflächen analysieren.

Here is just one example: Normally, in chip production for image sensors, the evaluation electronics and the sensor area with light-sensitive pixels are manufactured separately. WISENT uses systems that deposit light-sensitive layers directly onto the electronics. That makes production much easier. »Among other things, we manufacture graphene layers, which are carbon layers just one atom thick,« says the Technical Head of the INCYTE project, Dr. of Engineering Andreas Bablich. Graphene is ideal for innovative 3D image sensors because graphene sensors resolve the image of the surroundings in great depth. That gives autonomous cars a very good perception of nearby obstacles. Also conceivable are image sensors that recognize gestures. They could be invaluable in workplaces where humans and machines work together. The sensors would allow robots to precisely recognize gestures.

Image sensors for agriculture

Another focus is ultra-thin amorphous semiconductor layers that can also be manufactured using WISENT. In amorphous semiconductor materials, the atoms are disordered – unlike crystalline layers where the atoms are regularly arrayed in a grid formation. Amorphous layers in combination with novel, ultra-thin 2D materials are an attractive proposition for optical sensors that can theoretically perceive all light wavelengths – visible light plus infrared and ultraviolet light invisible to the human eye. Hybrid image sensors consisting of amorphous layers and 2D materials would be a very interesting development for use in agriculture. That's because the light reflected by leaves indicates the state of plant health. Healthy, well nourished and irrigated plants reflect above all infrared light. Drones equipped with these camera sensors could analyze large agricultural areas in a short time.



Federica Verde (oben) erforscht Dünnschichttechnologien an der Professur für Höchstfrequenztechnik und Quantenelektronik. Lukas Giehl (unten) forscht an der Professur für Graphen-basierte Nanotechnologie an innovativen Sensoren, die spezielle Vakuumtechnologien benötigen.

Federica Verde (above) is researching thin-film technologies at the Chair of High Frequency Technology and Quantum Electronics. Lukas Giehl (below) is researching innovative sensors that require special vacuum technologies at the Chair of Graphene-Based Nanotechnology.

Eiskalt und vakuumverpackt

Geforscht wird in WISENT auch an neuen Materialien und neuen Materialmischungen, nicht nur für Sensoren, sondern beispielsweise auch für Batterien und Akkus. Da viele dieser Materialien empfindlich oder sehr reaktionsfreudig sind, werden sie im Vakuum oder unter Schutzgas und bei extrem niedrigen Temperaturen hergestellt und analysiert. Für die Analyse werden sie aus der Fertigung in die benachbarten Labore mit den Mikroskopen überführt. Dabei müssen sie weiter unter Vakuum und tiefgekühlt bleiben. »Zu diesem Zweck verfügt WISENT über ein modernes Shuttle-System, mit dem sich die Proben in speziellen Boxen zwischen den Laboren und den verschiedenen Geräten transportieren lassen«, sagt Prof. Dr. Benjamin Butz, Spezialist für Mikro- und Nanoanalytik an der Universität Siegen. Dass die Labore hier alle unter einem Dach sind, erleichtert die Arbeit zusätzlich. Hinzu kommen weitere Synergien, schließlich ist es ja das Ziel, intelligente Sensoren zu entwickeln, die mithilfe der künstlichen Intelligenz und ausgeklügelter Algorithmen Daten selbstständig auswerten. Die entsprechende Expertise steuert das NRW-Zentrum für Sensorsysteme (ZESS) nebenan auf dem Campus der Universität Siegen bei, das schon seit vielen Jahren herausragende Software für zahlreiche Industrieanwendungen entwickelt.

Sensor erkennt einzelne Moleküle

Auch Prof. Dr. Peter Haring Bolívar setzt künftig auf das Potenzial von WISENT. Haring Bolívar entwickelt unter anderem Terahertz-Scanner, wie man sie von Körperscannern am Flughafen kennt. Dort sind Terahertz-Sensoren (THz-Sensoren) gefragt, die Bilder hoch auflösen, um geschmuggelte Gegenstände sicher zu erkennen. Auch für den neuen 6G-Mobilfunkstandard werden in den nächsten Jahren neue THz-Sensoren benötigt. In WISENT wird Haring Bolívar jetzt außerdem THz-Sensoren für die Medizintechnik herstellen. Diese werden so empfindlich sein, dass sie einzelne Moleküle erkennen – zum Beispiel Moleküle im Blut, mit denen sich Krankheiten diagnostizieren lassen, sogenannte Bio-Marker. Das wäre sehr viel einfacher und schneller als die heutige Analyse im Labor.

»Dass die Labore hier alle unter einem Dach sind, erleichtert die Arbeit zusätzlich.«

Prof. Dr. Benjamin Butz

»The fact that the labs are all under one roof makes our work much easier.«

Prof. Dr. Benjamin Butz

Ice-cold and vacuum packed

WISENT is also used for research into novel materials and material blends, not just for sensors but also for batteries and more. Many of these materials are highly sensitive or reactive, so they are manufactured and analyzed in a protective atmosphere and at extremely low temperatures. For analysis, they are transferred from manufacturing areas to neighboring labs equipped with microscopes. Throughout this time, they must be kept frozen and under vacuum. »For this purpose, WISENT includes a state-of-the-art shuttle system that transports the samples in special boxes between the labs and the various machines,« says Prof. Dr. Benjamin Butz, an expert in micro and nanoanalytics at the University of Siegen. »The fact that the labs are all under one roof makes our work much easier.« The researchers also benefit from further synergies, helping them develop intelligent sensors that autonomously evaluate data using AI and complex algorithms. The expertise necessary for this work is contributed by the NRW-Zentrum für Sensorsysteme (ZESS, Center for Sensor Systems) right next door on the campus of the University of Siegen. The ZESS has been developing outstanding software for a large number of industrial applications for many years.

A sensor for identifying individual molecules

Prof. Dr. Peter Haring Bolívar is also excited about using the potential of WISENT in the future. One of his specialties is developing terahertz scanners of the kind used in airport body scanners. Security checks demand THz sensors that deliver high-resolution images to reliably identify smuggled items. And new THz sensors will be needed in the next few years for the latest 6G mobile communications standard. Using WISENT, Haring Bolívar will also manufacture THz sensors for medical technology. They will be so sensitive that they can identify individual molecules, for example biomarkers. These are molecules in blood that can be used to diagnose diseases much more simply and faster than today's laboratory analysis process.

Zwischen Handzeichen und Algorithmen: der Straßenverkehr von morgen

Autor / Author Frank Frick
Fotos / Photos Viktoria Pezzei



Jun.-Prof. Shadan Sadeghian



Prof. Kristof Van Laerhoven

From hand signals to algorithms: Tomorrow's road traffic

Assistenzsysteme nehmen dem Fahrer moderner Autos immer mehr Aufgaben ab; in San Francisco sind bereits 300 Robotaxis unterwegs. Zunehmend teilen sich Fußgänger, Zweirad-Fahrer und herkömmliche Fahrzeuge die Straßen mit halbautomatisierten oder selbstfahrenden Autos. Ein Forschungsteam der Universität Siegen untersucht, wie sich der Straßenverkehr in naher Zukunft so gestalten lässt, dass alle profitieren. Dabei nutzen die Forschenden zahlreiche Sensoren und Künstliche Intelligenz.

In modern cars, assistance systems are taking over more and more tasks for drivers; San Francisco already has 300 robotaxis. Increasingly, pedestrians, cyclists, and conventional vehicles are sharing the roads with semi-automatic or driverless cars. A research team at the University of Siegen is studying how road traffic can be organized in the near future so that everybody benefits. The researchers are using a wide range of sensors and artificial intelligence in their project.

Beim Autokauf ist Sicherheit für 54 Prozent aller Deutschen eine besonders wichtige Eigenschaft. Laut einer Statista-Umfrage aus dem Jahr 2024 ist sie damit das Kaufkriterium Nummer eins. Rund ein Viertel der Befragten legt zudem großen Wert auf ein gutes Fahrassistenzsystem. Um Sicherheit und Komfort zu steigern, treiben Autohersteller die Automatisierung ihrer Fahrzeuge immer weiter voran. »Dabei denken sie vor allem an die potenziellen Käufer*innen, also die Nutzer*innen weitgehend automatisierter oder selbstfahrender Autos«, erklärt Prof. Kristof Van Laerhoven vom Zentrum für Sensorsysteme (ZESS). »Unser Projekt hat einen anderen Fokus: Wir wollen herausfinden, wie sich das Gemeinwohl aller Verkehrsteilnehmenden verbessern lässt – von Fußgänger*innen und Radfahrenden bis hin zu Personen in nicht automatisierten Fahrzeugen, und zwar im Zusammenspiel mit teilautomatisierten und selbstfahrenden Autos.«

Das Wohl aller Verkehrsteilnehmer steigt nur durch altruistisches, achtsames und kompromissbereites Verhalten. »Doch welche Maßnahmen fördern ein solches prosoziales Verhalten, wenn sich in den nächsten Jahren nichtautomatisierte, halbautomatisierte und autonome Fahrzeuge die Straßen teilen? Wie kommunizieren Verkehrsteilnehmende miteinander, ohne sich falsch zu verstehen?«, fragt die Junior-Professorin Shadan Sadeghian. Die Expertin für Mensch-Computer-Interaktion leitet das dreijährige Projekt, das Anfang 2024 startete, zusammen mit Van Laerhoven, Professor für Ubiquitous Computing, also für allgegenwärtige Computertechnik. Das Projekt gehört zum Sonderforschungsbereich »Medien der Kooperation« (SFB 1187) der Deutschen Forschungsgemeinschaft und soll diese Fragen klären.

»Wir wollen herausfinden, wie sich das Gemeinwohl aller Verkehrsteilnehmenden verbessern lässt – von Fußgänger*innen und Radfahrenden bis hin zu Personen in nicht automatisierten Fahrzeugen, und zwar im Zusammenspiel mit teilautomatisierten und selbstfahrenden Autos.«

Prof. Kristof Van Laerhoven

For 54 percent of all Germans, safety is a top consideration when buying a car. A Statista survey from 2024 found that safety is the number-one purchase criterion. Around one quarter of respondents highly value good driver assistance systems. To boost both safety and comfort, automotive manufacturers are steadily increasing the level of automation in their vehicles. »They're thinking above all about potential buyers, or the users of highly automated or driverless cars,« explains Prof. Kristof Van Laerhoven from the Center for Sensor Systems (ZESS). »But our project has a different focus: We want to find out how to improve the common welfare of all traffic participants – from pedestrians and cyclists to people in non-automated vehicles – alongside partially automated and driverless cars.«

Benefits for all participants can only be achieved with altruistic and considerate behavior as well as a readiness to compromise. »But how can we achieve this kind of socially-aware behavior when non-automated, semi-automated and driverless cars will be sharing the roads in the near future? How can road users communicate with each other without misunderstandings?« asks Junior Professor Shadan Sadeghian. The human-computer interaction expert is in charge of the three-year project, which started in early 2024, together with Van Laerhoven, Professor for Ubiquitous Computing. The project is part of the collaborative research center »Media of Cooperation« (CRC 1187) within the German Research Foundation, and it aims to answer these questions.



Im Straßenverkehr geht es häufig um soziales Miteinander.
Traffic is often about social interaction.

Soziales Miteinander gefordert

Die Forschenden haben beispielhafte Situationen herausgearbeitet, die zeigen, dass es im Straßenverkehr häufig um soziales Miteinander geht: Eine Frau mit Kinderwagen will an einer Stelle die Straße überqueren, an der es weder Zebrastreifen noch Fußgängerampeln gibt. Hält eines der Autos auf der Straße an, um sie passieren zu lassen? Und wie zeigt der Fahrer seine Absicht an? Oder: Ein Radfahrer fährt auf einer engen und unübersichtlichen Straße, hinter ihm eine Reihe von Autos. Nutzt er eine breite Hauseinfahrt oder eine Parkbucht, um die Autos passieren zu lassen? Trotz vieler Regeln im Straßenverkehr existieren Handlungsspielräume, die oft eine Verständigung mit anderen Verkehrsteilnehmenden erfordern.



Trotz vieler Regeln im Straßenverkehr existieren Handlungsspielräume, die oft eine Verständigung mit anderen Verkehrsteilnehmenden erfordern. Was passiert zum Beispiel, wenn eine Frau mit Kinderwagen eine Straße dort überqueren möchte, wo es keine Ampel und keinen Zebrastreifen gibt?

Despite exhaustive traffic rules, there are still some situations where road users have to communicate with each other. What happens, for example, when a woman with a baby buggy wants to cross the road at a point where there's no crosswalk or pedestrian traffic light?

»We want to find out how to improve the common welfare of all traffic participants – from pedestrians and cyclists to people in non-automated vehicles – alongside partially automated and driverless cars.«

Prof. Kristof Van Laerhoven

The need for social interaction

The researchers have defined typical situations that show how important social interaction often is in road use: A man with a baby buggy wants to cross the road at a point where there's no crosswalk or pedestrian traffic light. Does one of the cars stop to let him through? And how does the driver indicate what he's doing? Another example: A cyclist is riding along a narrow road with restricted views, followed by a row of cars. Does he turn into a driveway or a parking spot to let the cars pass by? Despite exhaustive traffic rules, there are still some situations where road users have to communicate with each other.



In einem Co-Design-Workshop nutzten Teilnehmende Spielzeugfiguren, Modellautos und Straßenkarten, um Situationen nachzustellen und ihre Vorschläge zu verdeutlichen.

In a co-design workshop participants used toy figures, model cars, and maps to simulate situations and explain their ideas.

Grafiken / Graphics freepik.com

Subproject »Social Interaction in Semi-Automated Road Traffic« in the collaborative research center »Media of Cooperation«

- Funding body: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG, German Research Foundation)
- Funding period: 2024–2027
- Amount of funding for the subproject: approx. EUR 850,000

www.mediacoop.uni-siegen.de/en/projects/p05/



In a co-design workshop in 2025, Sadeghian and a member of her team, Akib Shariar Khan, screened videos showing typical situations. The twelve participants – consisting of students and researchers from disciplines such as Art History, Economics, and Human-Computer-Interaction – identified challenges that arise in situations where semi-automated or autonomous vehicles are involved. Here, communication through eye contact and hand signals just doesn't happen. It's difficult for human road users to predict the behavior of autonomous automobiles – which may even vary according to the manufacturer. Some people generally don't trust robo-cars. People using the roads become hesitant and don't feel safe.

Windscreen displays

The workshop participants suggested a number of technical solutions to these problems. One is to fit the windcreens of autonomous cars with a display that indicates with a green symbol that it's safe to cross the road. Additionally, smartwatches could indicate to pedestrians, e.g. through vibrations, that they can cross. Another idea is displays for bikes that flag up approaching automated cars and even allow feedback.

Split into groups, the workshop participants used toy figures, model cars, and maps to simulate situations and explain their ideas. Sadeghian is confident that »the ideas appear perfectly capable of implementation – thanks to sensor technology and AI algorithms that already underpin automated driving«. In her view, they provide valuable inputs for developing new technical concepts she plans to initially trial in a safe test environment using virtual reality (VR).

Teilprojekt »Soziale Interaktion im semi-automatisierten Straßenverkehr« im Sonderforschungsbe- reich »Medien der Kooperation«

- Fördergeber: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
- Förderdauer: 2024–2027
- Fördersumme des Teilprojekts: rund 850.000 Euro

www.mediacoop.uni-siegen.de/de/projekte/p05/



Ein Vorschlag zur besseren Kommunikation: Smartwatches von Fußgänger*innen vibrieren, wenn das autonome Auto ein sicheres Überqueren meldet.

A smart idea for safer streets? In this concept, smartwatches buzz to let pedestrians know when a self-driving car says it's safe to go.

Display auf der Windschutzscheibe

Die Workshop-Teilnehmenden schlugen einige technische Lösungen für diese Probleme vor. Eine davon besteht darin, die Windschutzscheibe autonomer Autos mit einem Display auszustatten, das Fußgänger*innen ein grünes Symbol anzeigt, wenn sie die Straße überqueren dürfen. Ergänzend dazu könnten Smartwatches den Fußgänger*innen etwa durch Vibration anzeigen, dass sie sicher über die Straße gehen können. Eine weitere Idee sind Displays für Fahrräder, die über herannahende automatisierte Autos informieren und sogar Rückmeldungen erlauben.

In Gruppen aufgeteilt nutzten die Workshop-Teilnehmenden Spielzeugfiguren, Modellautos und Straßenkarten, um Situationen nachzustellen und ihre Vorschläge zu verdeutlichen. »Die Umsetzung der Ideen erscheint durchaus möglich – dank Sensortechnik und Algorithmen der Künstlichen Intelligenz, auf denen automatisiertes Fahren ohnehin basiert«, ist Sadeghian überzeugt. Sie sieht die Vorschläge als wertvolle Anregung für die Entwicklung neuer technischer Konzepte, deren Praxistauglichkeit sie zunächst mithilfe virtueller Realität (VR) in einem sicheren Testumfeld erproben will.

Könnte so die Zukunft aussehen? Displays für Fahrräder informieren über herannahende automatisierte Autos und erlauben sogar Rückmeldungen.

A glimpse into the future? Smart bike displays warn of approaching self-driving cars – and even allow for feedback.



Michael Brilka ist Doktorand und hat Informatik an der Universität Siegen studiert.

Michael Brilka is a doctoral student and studied computer science at the University of Siegen.



Derweil arbeiten Van Laerhoven und sein Mitarbeiter Michael Brilka vom ZESS daran, im realen Straßenverkehr möglichst viele unterschiedliche Situationen zu erfassen, in denen das soziale Zusammenspiel von Verkehrsteilnehmenden eine Rolle spielt. Dazu haben sie ein kleines tragbares Gerät entwickelt, das einer Actionkamera ähnelt. Wenn eine Testperson – Fußgänger*in, Rad- oder Autofahrer*in – etwas erlebt, bei dem prosoziales Verhalten eine Rolle spielt, drückt sie zweimal auf eine Taste dieses Wearables. Dann speichert das Gerät die letzte Minute der Bildaufzeichnung sowie zusätzliche Daten wie etwa den Abstand der Beteiligten. Alles außerhalb dieser Minute ist nicht mehr abrufbar. »Dieses Verfahren ist wegen des Datenschutzes nötig«, erklärt Van Laerhoven. »Außerdem müssten ansonsten Unmengen Material gesichtet werden, um daraus die Szenen herauszuziehen, die für unsere Fragestellung bedeutsam sind.« Die Wearables sollen künftig drahtlos mit Smartwatches gekoppelt werden, um auch deren Sensoren zu nutzen. Üblicherweise enthalten Smartwatches Beschleunigungsmesser, Herzfrequenzmesser, Hauttemperatursensoren, GPS und Gyroskope. Letztere messen Orientierungsänderungen und Drehungen.

AI detects special situations

For legal reasons, no faces or vehicle plate numbers must be visible on the images during subsequent evaluation. The researchers intend to use AI to mask these features. They will adapt existing AI models for their purposes. Van Laerhoven envisages also using AI to recognize social interactions: »In the thick of traffic, test participants might sometimes forget to press the button on the wearable. If that happens, an AI system in the wearable could alert the wearer through vibration that it has detected a social interaction.« But the human test person still decides whether the situation should be recorded or not.

Im realen Straßenverkehr wollen die Forschenden möglichst viele unterschiedliche Situationen erfassen, in denen das soziale Zusammenspiel von Verkehrsteilnehmenden eine Rolle spielt.

The researchers are working on recording the widest possible range of situations in real-life road traffic where social interaction between traffic participants plays a role.



KI erkennt besondere Situationen

Aus rechtlichen Gründen dürfen auf den Aufnahmen bei der späteren Auswertung keine Gesichter oder Nummernschilder zu sehen sein. Um diese unkenntlich zu machen, setzen die Forschenden auf Künstliche Intelligenz (KI). Sie werden existierende KI-Modelle für ihre Zwecke anpassen. Van Laerhoven denkt daran, KI auch schon beim Erkennen von sozialen Interaktionen einzusetzen: »Möglicherweise vergessen die Versuchspersonen im Verkehrstrubel schon einmal, die Taste auf dem Wearable zu drücken. Dann könnte eine KI im Wearable die Träger*innen etwa durch Vibrationen darauf aufmerksam machen, dass sie eine soziale Interaktion erkannt hat.« Die Entscheidung, ob die Situation aufgezeichnet wird oder nicht, bleibt aber beim Menschen.

Neben den technischen und praxisnahen Aspekten beschäftigen sich die Forschenden des SFB-Teilprojekts auch mit der theoretischen Beschreibung von Verkehrssituationen, in denen die Teilnehmenden miteinander kommunizieren. Sadeghian und Khan haben nach Sichtung hunderter wissenschaftlicher Publikationen über soziale Interaktionen eine Grundstruktur für den allgemeinen zeitlichen Ablauf solcher Verkehrssituationen entworfen. Außerdem haben sie die Faktoren zusammengetragen und kategorisiert, die die Entscheidungen und Handlungen der Beteiligten beeinflussen. Solche Faktoren reichen von der Fahrzeugart und der Fahrgeschwindigkeit über persönliche Wertvorstellungen bis hin zum Wetter.

Leitfaden als Ziel

Am Ende des Projekts wollen die Forschenden auf der Grundlage ihrer Ergebnisse einen Gestaltungsleitfaden erstellen – sozusagen eine Gebrauchsanweisung, wie ein am Gemeinwohl orientierter Straßenverkehr zu erreichen ist und unterstützt werden kann. Der Leitfaden soll dabei auch klarstellen, welche Informationen in welcher Verkehrssituation für die Teilnehmenden besonders wichtig sind. »Schließlich kann ein Zuviel an Informationen auch überfordern«, sagt Sadeghian. Er wird auch Empfehlungen enthalten, auf welche Art und Weise die Informationen idealerweise auszutauschen sind. »Dabei wird sich unser Leitfaden eben nicht nur an die Autohersteller richten, sondern auch an Verkehrsplaner*innen, Politiker*innen und letztlich alle Verkehrsteilnehmenden«, betont Van Laerhoven.



Michael Brilka vom ZESS (Zentrum für Sensorsysteme) wertet reale Situationen aus dem Straßenverkehr aus.

Michael Brilka from the ZESS (Center for Sensor Systems) analyzes real-world traffic situations.

Apart from the technical and practical aspects, the researchers in the CRC subproject are also working on a theory-based description of traffic situations in which participants communicate with each other. After viewing hundreds of scientific publications on social interactions, Sadeghian and Khan have designed a basic structure for the general temporal sequence of these kinds of traffic situations. They have also identified and categorized the factors that influence the decisions and actions of the participants. These factors range from vehicle type and driving speed to personal values and even the weather.

The goal: Developing a guideline

At the end of the project, the researchers aim to create a guideline based on their findings. They envisage a kind of instruction manual on how to achieve and support road traffic for the common good. The guideline should also clarify what information in what traffic situation is particularly important for the participants. »Too much information can muddy the water,« says Sadeghian. Also included will be recommendations on ideal ways to communicate information. »Our guideline will be aimed at not just automotive manufacturers, but also road planners, politicians, and ultimately all road users,« emphasizes Van Laerhoven.

Die Sensor-Experten von morgen

Tomorrow's sensor experts

Autor / Author Tim Schröder
Fotos / Photos Sascha Hüttenhain

Für die Entwicklung intelligenter Elektronik werden Fachkräfte benötigt, die in verschiedenen Disziplinen geschult sind. Dafür hat die Universität Siegen zusammen mit anderen europäischen Hochschulen den neuen interdisziplinären Masterstudiengang EMINENT geschaffen.

The development of intelligent electronics demands specialists trained in multiple disciplines. To help meet this demand, the University of Siegen along with other European universities has created a new, interdisciplinary Master's degree program: EMINENT.



Prof. Dr. Peter Haring Bolívar



Dr. Ilka Kureck



Die Studenten und Koordinatoren des Studiengangs bei der Winter School auf Kreta

The students and coordinators of the degree program at the Winter School on Crete

Foto / Photo Privat

Um intelligente Sensoren und Elektronik zu entwickeln, braucht es nicht nur eine hochmoderne Infrastruktur wie sie das INCYTE mit seiner Pilotlinie WISENT bietet, sondern auch Fachleute, die in mehreren Disziplinen zu Hause sind. Sie sollten sich in den Materialwissenschaften auskennen, um neue Sensormaterialien entwickeln zu können, sie sollten elektrotechnisches Know-how mitbringen und in der Informatik geschult sein. Die Universität Siegen hat sich deshalb mit anderen Universitäten in Europa zusammengetan und einen neuen Masterstudiengang entwickelt, der junge Talente seit diesem Jahr in all diesen Disziplinen schult: den European Master on Embedded Intelligence Nanosystems Engineering, EMINENT.

Developing intelligent sensors and electronics takes not only state-of-the-art infrastructure, like INCYTE with its pilot line WISENT, but also qualified experts who are at home in multiple disciplines. They need expertise in materials science so they can develop new sensor materials, plus electrical engineering expertise and IT qualifications. This was the impetus behind a collaboration between the University of Siegen and other European universities to create a new Master's degree program that this year started training young talents in all of these disciplines: The European Master on Embedded Intelligence Nanosystems Engineering, EMINENT.

Studieren in fünf Ländern

Wie der Name andeutet, ist der Studiengang perfekt auf die Forschung zugeschnitten, die in den kommenden Jahren im INCYTE vorangetrieben werden soll – die Entwicklung winziger, intelligenter Elektronik, die in eine Fülle verschiedener Produkte eingebettet sein wird. Mit dabei sind neben der Universität Siegen vier weitere Hochschulen, die in ihrer Lehre und Forschung teils unterschiedliche Schwerpunkte setzen. Der englischsprachige EMINENT-Studiengang dauert vier Semester, in denen die jungen Menschen an den verschiedenen Standorten studieren. Das Einführungssemester verbringen sie gemeinsam an der Hellenic Mediterranean University auf Kreta, an der das Thema Materialwissenschaften vertieft wird. Es folgt ein Semester an der Universität Siegen, wo der Schwerpunkt auf der Entwicklung von Sensoren und eingebetteten Systemen liegt. Im dritten Semester entscheiden sich die Masterkandidaten dann für einen der fünf Standorte, um dort ein Spezialgebiet zu vertiefen: Sie können in Siegen bleiben, nach Kreta zurückkehren oder einen weiteren Schwerpunkt an einer der drei anderen Universitäten wählen: »Naturmaterialien und Biosensoren« an der Unversidade Nova in der portugiesischen Hauptstadt Lissabon, »Internet der Dinge und Robotik« an der Université d'Orléans in Frankreich oder den eher informatischen Schwerpunkt »Sensorsysteme und Datenverarbeitung« an der Vilnius Tech University in Litauen. Im vierten Semester fertigen sie dann ihre Masterarbeit an.

Grenzen überwinden

»So wie wir mit dem INCYTE-Forschungsgebäude die Grenzen zwischen den Disziplinen aufbrechen, vermitteln wir den Studenten mit EMINENT einen weiten Blick über die verschiedenen Fachgebiete«, sagt der für Siegen zuständige Studiengangsleiter Prof. Dr. Peter Haring Bolívar. Der Studiengang richtet sich an Bachelor-Absolventen, die bereits profundes Vorwissen aus einem entsprechenden Fach mitbringen – etwa der Informatik oder der Elektrotechnik. Innerhalb von zwei Jahren erwerben sie dann vertiefende Kenntnisse in den übrigen Gebieten. EMINENT wird von Industriepartnern wie dem deutschen Halbleiterhersteller Infineon unterstützt. »Überhaupt hat die Industrie großes Interesse an universell ausgebildeten Absolventen«, sagt Haring Bolívar.

Studying in five countries

As the name indicates, the degree program is perfectly tailored to the research at INCYTE that will drive innovation over the coming years – focused on the development of ultra-small, intelligent electronics destined for countless different products. Alongside the University of Siegen, four other universities are involved, partly with different teaching and research focuses. The English-language EMINENT program is a four-semester course in which students study at the various campuses. They spend their introductory semester at the Hellenic Mediterranean University on Crete, gaining in-depth knowledge of materials science. Next up is a semester at the University of Siegen, where the focus is the development of sensors and embedded systems. During the third semester, the Master's students choose one of the five campuses to specialize in a specific area. They can stay in Siegen, return to Crete, or choose one of the other three universities. The choices are: Natural Materials and Bio-Sensors at the Unversidade Nova in the Portuguese capital Lisbon, the Internet of Things and Robotics at the Université d'Orléans in France, or the more computer science-oriented option Sensor Systems and Data Processing at Vilnius Tech University in Lithuania. Finally, in the fourth semester, they write their Master's thesis.

Overcoming borders

»Just as we're breaking down the boundaries between disciplines in our INCYTE research building, we're also giving students a broad view across the various expert fields with EMINENT,« says Prof. Dr. Peter Haring Bolívar, who is in charge of the program at the University of Siegen. The program is designed for Bachelor graduates who already have a solid foundation in a suitable subject, – for example IT or electrical engineering. Over two years, they acquire in-depth knowledge in the other fields. EMINENT is supported by industrial partners such as German semiconductor manufacturer Infineon. »Generally, industry is highly interested in universally qualified graduates,« says Haring Bolívar.



Dass fünf europäische Hochschulen gemeinsam einen technischen Studiengang anbieten, ist keine Selbstverständlichkeit. »Es bedarf einer langen Vorbereitung«, sagt die Biologin und EMINENT-Koordinatorin Dr. Ilka Kureck, die maßgeblich daran beteiligt war, EMINENT auf die Beine zu stellen. So müsse nicht nur das Curriculum zwischen den verschiedenen Hochschulen abgestimmt werden. Auch müsse man sich auf ein gemeinsames Notensystem und auf ein gemeinsames Abschlusszertifikat einigen, das in allen fünf Ländern anerkannt werde. Letztlich müssten fünf Rechtsabteilungen über fünf verschiedene nationale Bestimmungen hinweg eine gemeinsame Prüfungsordnung verabschieden. »Das war ein langer Weg mit vielen administrativen Hürden. Aber es war die Mühe wert«, sagt Ilka Kureck. Denn für die Universität Siegen sei dies der erste internationale »Exzellenzstudiengang«, der durch das Erasmus-Mundus-Programm der EU-Kommission gefördert wird – ein Programm, das die Kooperation zwischen europäischen Hochschulen unterstützt und gemeinsame Masterabschlüsse zum Ziel hat – sogenannte »Joint Degrees«.

Blaupause für andere Studiengänge

»Ich würde mir wünschen, dass EMINENT als Blaupause für viele weitere internationale Studiengänge dient. Denn wie man einen solchen Studiengang entwickelt, wissen wir jetzt ja«, sagt Ilka Kureck. Dass an der Universität Siegen in den nächsten Jahren tatsächlich weitere attraktive, internationale Studiengänge entstehen werden, ist sehr gut möglich. Denn die Universität kooperiert schon seit mehreren Jahren im europäischen Hochschulnetzwerk »ATHENA« eng mit anderen Hochschulen – mit neun anderen Universitäten, von denen einige auch an EMINENT beteiligt sind. Viele Hochschulen bemühen sich heute um Nachwuchs. Internationale Abschlüsse tragen wesentlich dazu bei, die Attraktivität eines Hochschulstandortes zu steigern. Das Erasmus-Mundus-Programm steht Interessierten aus aller Welt offen, sodass sehr viele potenzielle Studienbewerber angesprochen werden. Und so finden sich jetzt im ersten EMINENT-Jahrgang 19 junge Menschen aus Europa, Südamerika und Asien. Kureck: »Mit dem INCYTE werden sie in Siegen ideale Studienbedingungen vorfinden. Wir bauen darauf, dass wir einige von ihnen für ihre Doktorarbeiten und darüber hinaus als hochqualifizierte Nachwuchsforscher halten können.«

🌐 <https://eminent-master.eu>

The fact that five European universities jointly offer a technical study program is a rarity. »There was a long preparation period,« says biologist and EMINENT coordinator Dr. Ilka Kureck, who was instrumental in setting up EMINENT. The universities not only had to coordinate the curriculum, they also had to agree on a joint grading system and a degree certificate that would be recognized in all five countries. Ultimately, five legal departments resolved a common examination regulation bypassing five different national systems. »It was a long journey overcoming a lot of red tape. But it was worth it,« says Ilka Kureck. She points out that this is the University of Siegen's first international »excellence study program« funded by the EU Commission's Erasmus-Mundus program. Erasmus-Mundus fosters cooperation between European universities with the goal of creating common Master's degrees – known as »Joint Degrees«.

Blueprint for further study programs

»I hope EMINENT will be a blueprint for lots of other international degree programs. Because now we know how to go about it,« says Ilka Kureck. And it's highly likely that other attractive international degree programs will be created at the University of Siegen in the coming years. After all, for several years Siegen has been cooperating closely with nine other universities in the »ATHENA« university network – and some of them are also involved in EMINENT. Today, many universities are doing everything they can to attract young talents. International agreements are a great way to boost the attractiveness of a university. Candidates from all over the world can apply to the Erasmus-Mundus program, which means the pool of talent potentially available is huge. The first EMINENT class is made up of 19 young people from Europe, South America, and Asia. Kureck says: »With our INCYTE, they'll find ideal study conditions in Siegen. We're confident we'll be able to hold on to some of them for their doctoral degrees and beyond, as highly qualified junior researchers.«

🌐 <https://eminent-master.eu>

Aus den Fakultäten

From the Schools

Wir stellen Ihnen eine Auswahl der aktuellen Forschung aus unseren Fakultäten vor.
We present selected projects from the diverse range of research currently going on at our schools.



Politisches Handeln zwischen Volk und Forsa

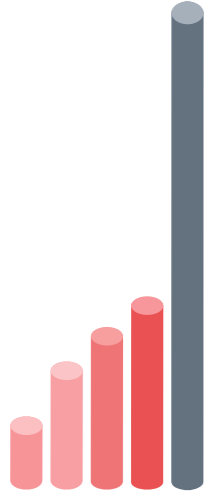
Autorin / Author Claudia Irle-Utsch

Political action between the
people and popularity

Entscheidungen in der Politik orientieren sich immer stärker an aktuellen Umfragewerten. Doch was passiert, wenn kurzfristige Popularität wichtiger wird als langfristige Strategien? Der Politikwissenschaftler Professor Dr. Philip Manow untersucht, wie sich diese Entwicklung auf demokratische Prozesse auswirkt – und ob Politik überhaupt noch Zeit für große Visionen hat.

Political decisions are increasingly being influenced by opinion poll results. But what happens when short-term popularity becomes more important than long-term strategies? Political scientist Professor Dr. Philip Manow is examining how this development impacts on democratic processes – and whether politics still has time for big visions at all.





In Dänemark

sorgte eine Personalentscheidung Ende 2023 für Aufsehen: Eine Ministerin wurde entlassen, weil ihre Beliebtheitswerte schlecht waren. Ihre Nachfolgerin war dem Publikum wohlbekannt – jedoch nicht durch politische Erfahrung, sondern vor allem durch ihre Präsenz in der Fernsehsendung »Løvens Hule«, dem dänischen Pendant zur Show »Die Höhle der Löwen«. Diese anekdotische Erzählung zeigt, wie stark Popularität und öffentliche Meinung politische Entscheidungen beeinflussen können. Das gab und gibt es zu allen Zeiten, hat aber mit der Allgegenwart des Digitalen eine völlig veränderte Dynamik bekommen.

Was bedeutet das für die Demokratie? Ist es gut, wenn politische Entscheidungen zunehmend durch Umfragen und Trends geformt werden? Welche Auswirkungen hat das auf langfristige politische Strategien? Und wie verändern sich politische Prozesse in einer digitalisierten Welt, in der Informationen in Echtzeit verbreitet werden?

Kurzvita

Philip Manow, 1963 in Hamburg geboren, arbeitet seit April 2024 als Professor für Internationale Politische Ökonomie an der Universität Siegen. Von 2010 an war er Professor für Vergleichende Politische Ökonomie an der Universität Bremen. Er ist seit 2018 Mitglied der Sozialwissenschaftlichen Klasse der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. Seine in der edition suhrkamp erschienenen Bücher »Die Politische Ökonomie des Populismus« (2018), »(Ent-)Demokratisierung der Demokratie« (2020) und »Unter Beobachtung« (2024) gelten als wichtige und viel beachtete Beiträge zur Populismusforschung.



Prof. Dr. Philip Manow

Foto / Photo Viktoria Pezsei

Grafiken / Graphics freepik.com

A personnel decision

made headlines in Denmark at the end of 2023: A minister was fired because of her low popularity rating. Her successor is a well-known public figure – however not because of political experience, but above all for her role in the TV show »Løvens Hule«, the Danish version of »Shark Tank«. The anecdote reveals how strongly popularity and public opinion can influence political decisions. This has always been true, but with the ubiquity of digital formats, it has taken on a completely different dynamic.

What does it mean for democracy? Is it a good thing when political decisions are increasingly swayed by opinion polls and trends? What are the effects on long-term political strategies? And how do political processes change in a digitalized world where information spreads in real time?

The age of instant opinions

Political scientist Prof. Dr. Philip Manow of the University of Siegen is examining what consequences these developments are having on democratic processes. His main focus is on so-called situative popularity. This refers to a momentary popularity influenced by current moods, media reports, or social media trends.

Das Zeitalter der schnellen Meinung

Der Politikwissenschaftler Prof. Dr. Philip Manow von der Universität Siegen untersucht, welche Folgen solche Entwicklungen für demokratische Prozesse haben. Sein Hauptinteresse gilt der sogenannten situativen Popularität – also einer momentanen Beliebtheit, die durch aktuelle Stimmungen, mediale Berichterstattung oder Social-Media-Trends beeinflusst wird.

Manow stellt fest: Politik hat kaum noch Zeit für langfristige Planung. Aus dem Takt geriete die »Temporalstruktur demokratischer Politik«, der althergebrachte Rhythmus, etwa binnen vier Jahren ein Regierungsprogramm abzuarbeiten. Die Konsequenz: »Das Lernpotenzial von Demokratie wird zerstört.« Kaum möglich scheint ein großer, wie auch immer gearteter Wurf – wie die bei den Deutschen zunächst grundunbeliebte »Agenda 2010« der Ära Gerhard Schröder oder wie die anfänglich mehrheitlich skeptisch betrachtete Einführung des Euro (1999/2002). »Damals hatten die politisch Handelnden einen Handlungsspielraum«, so der Demokratieforscher. Diese Gestaltungsfreiheit erfahre zusehends eine Einschränkung, auch durch die stärkere Abhängigkeit von einem unmittelbaren Voting: Daumen hoch oder Daumen runter?

Short bio

Philip Manow, born in 1963 in Hamburg, has been Professor for International Political Economy at the University of Siegen since April 2024. From 2010, he was Professor for Comparative Political Economy at the University of Bremen. Since 2018, he has been a member of the Social Sciences Class of the Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften. His books »Die Politische Ökonomie des Populismus« (2018), »(Ent-)Demokratisierung der Demokratie« (2020), and »Unter Beobachtung« (2024), all published by edition suhrkamp, are recognized as important and well-regarded contributions to populism research.

Manow finds that today, politics barely has time for long-term planning. He states that this threatens the »temporal structure of democratic politics,« or the established rhythm of implementing a government program within four years. The danger is that »the learning potential of democracy is destroyed.« It seems impossible to achieve any kind of major change, such as the initially reviled »Agenda 2010« of the Gerhard Schröder era or the introduction of the euro in 1999/2002, which did not have instantaneous majority backing. »Back then, politicians had more room for maneuver,« says the researcher.

Teilprojekt »Zwischen Volk und Forsa – Situative Popularität und ihre Folgen für die repräsentative Demokratie« im Sonderforschungsbereich »Transformationen des Populären«

- Fördergeber: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
- Sonderforschungsbereich: Transformation des Populären
- Fördersumme für das Teilprojekt: 362.800 Euro
- Förderdauer: 2025–2028
- Projektleitung: Prof. Dr. Philip Manow

📄 <https://sfb1472.uni-siegen.de/forschung/populismen/zwischen-volk-und-forsa-situative-popularitaet-und-ihre-folgen-fuer-die-repraesentative-demokratie>

Politik werde zusehends getrieben, sei unberechenbarer, fragiler und schnelllebiger geworden. Die viel direkteren Ansprachen der neuen Kommunikationsmedien, die schnellen Feedback-Loops, das Social-Media-System vom Folgen und Teilen hätten bewährte Mechanismen völlig revolutioniert, so Manow. Früher brauchten politische Meinungen Wochen oder Monate, um sich zu verfestigen. Heute könnten sich Popularität und Ablehnung innerhalb von Stunden oder Tagen drastisch verändern. Eine Rede, die viral gehe, könne einem Politiker enorme Zustimmung verschaffen – oder massiven Widerstand auslösen.

Philip Manow leitet im Sonderforschungsbereich (SFB) »Transformationen des Populären« eines der Forschungsprojekte im Bereich Populismus. Dabei geht es um die Frage, wie widerstandsfähig politische Institutionen gegenüber öffentlicher Kritik sind. Sein Team untersucht insbesondere, wie sich situative Popularität auf die repräsentative Demokratie auswirkt. Analysiert wird, wie sehr politische Entscheidungen von dem abhängen, was gerade »in« ist – gewissermaßen zwischen Volk und Forsa. Das Team wertet dabei historische Umfragedaten aus, um Muster und Entwicklungen zu erkennen.

He states that this freedom is increasingly being restricted, also through a greater dependence on polls which function like direct, issue-specific voting: Thumbs up or thumbs down?

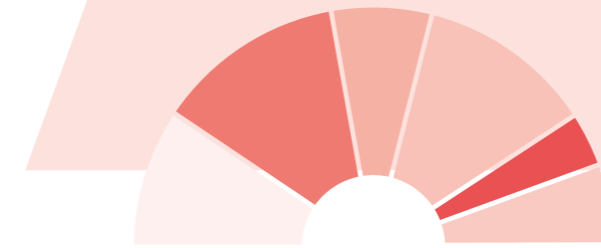
Politics is increasingly driven by events and becoming more unpredictable, fragile, and volatile. Manow points out that the much more direct way new media address people, the fast feedback loops, the social media system of following and sharing have completely overturned established mechanisms. Political opinions used to take weeks or months to become mainstream. Now, he says, popularity and rejection can flip drastically within hours or days. A speech that goes viral can win a politician vast support, or trigger huge resistance.

In the collaborative research center (CRC) »Transformations of the Popular«, Philip Manow heads one of the projects that focuses on populism. It examines the question of how resilient political institutions are in the face of public criticism. There is a particular emphasis on how situation-driven popularity impacts on representative democracy. The team is analyzing the extent to which political decisions depend on current moods, on the popularity of the moment. The researchers are analyzing historical opinion poll data to identify patterns and developments.

Subproject »Between the People and Popularity – Situative Popularity and its Consequences for Representative Democracy« in the collaborative research center »Transformations of the Popular«

- Funding Body: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG, German Research Foundation)
- Collaborative research center: Transformations of the popular
- Amount of funding for the subproject: EUR 362,800
- Funding period: 2025–2028
- Project leadership: Prof. Dr. Philip Manow

📄 <https://sfb1472.uni-siegen.de/forschung/populismen/zwischen-volk-und-forsa-situative-popularitaet-und-ihre-folgen-fuer-die-repraesentative-demokratie>



Wenn Umfragen Politik machen

Ursprünglich waren Meinungsumfragen ein Instrument, um die Stimmung der Bevölkerung zu messen. So etablierten sich nach dem Zweiten Weltkrieg auch im nun demokratischen Deutschland etliche Umfrageinstitute, zum Teil nach amerikanischem Vorbild, allen voran das 1947 gegründete Institut für Demoskopie Allensbach. Die Beliebtheit von Parteien wurde in einzelnen Ländern schon seit den 1940er-Jahren gemessen. Für Deutschland lassen sich solche Zustimmungswerte rückblickend seit über 50 Jahren belegen, erläutert Philip Manow.

Der Demokratieforscher hat herausgefunden, dass im Bundestag erst in den 1970er-Jahren regelmäßig auf Umfragen Bezug genommen wurde – und dass diese Aufmerksamkeit in Wahlkampfzeiten besonders stark anstieg. Heute werden Umfragen immer häufiger selbst zu einem politischen Faktor. Manow beschreibt diesen Effekt so: »Sind die Umfragewerte, zum Beispiel einer Partei, schlecht, verstärken die Medien das, weil sie natürlich versuchen, zu verstehen und nachzuvollziehen. Die Folge: Die Werte sinken weiter.« Damit würden Umfragen von einem Messinstrument der öffentlichen Meinung zu einem Instrument der öffentlichen Meinung. Es entsteht ein selbstverstärkender Kreislauf.



When opinion polls dictate politics

Originally, opinion polls were an instrument to measure public opinion. In the new post-war German democracy, a slew of opinion poll institutes sprang up, often modeled on US counterparts.

The most significant one was the Institut für Demoskopie Allensbach founded in 1947. In some countries, the popularity of political parties has been measured since the 1940s. Philip Manow explains that popularity ratings for Germany have only been available for just over 50 years. The political scientist has found that in the Bundestag the first references to polls emerged only in the 1970s – with attention spiking especially during election campaigns. Today, polls are increasingly a political factor in themselves. Here's how Manow describes the effect: »If poll results, for example for a party, are poor, the media naturally try to analyze and understand what's going on, and such an »explanation« can in turn reinforce the negative mood. As a result, approval for the party sinks even lower.« This is how opinion polls have shifted from an instrument of measuring public opinion to one of influencing it. And that can create a self-reinforcing spiral.

Political shocks created by situative popularity

During the Bundestag election campaign in February 2025, the party Die Linke suddenly gained momentum. Manow explains: »The party was practically at death's door, consistently scraping together ratings of just three percent in the polls.« But suddenly, its ratings almost tripled. Two factors were behind the popularity boost: A pointed, fiery speech in parliament by party leader Heidi Reichenk. »It was shared and liked so much it went viral,« explains Manow. Then there was the »Silver Campaign« that weaponized the unique charm of the gray-haired party grandees Gysi, Bartsch, and Ramelow. Both actions paid off, especially with young voters. Die Linke was able to utilize its situative popularity to enter the Bundestag with 8.8 percent of second votes.

Heute werden Umfragen immer häufiger selbst zu einem politischen Faktor.

Today, polls are increasingly a political factor in themselves, says Manow.

Foto / Photo Viktoria Pezzeri

Politische Überraschungen durch situative Popularität

Bei der vorgezogenen Wahl zum Deutschen Bundestag im Jahr 2025 hatte die Partei Die Linke ein Momentum. Manow: »Eigentlich war sie klinisch tot, lag in den Umfragen konstant bei drei Prozent.« Doch dann verdreifachten sich die Werte beinahe. Zwei Motoren dieses Popularitätsschubs: Linken-Frontfrau Heidi Reichinnek mit einer zugespitzt-feurigen Rede im Parlament. »Das wird geteilt und geliebt, hat Pop-Qualität«, erklärt Manow. Und die »Aktion Silberlocke«, die auf den ganz eigenen Charme der angegrauten Politprofis Gysi, Bartsch und Ramelow setzte. Beides verding, gerade bei den jüngeren Wählerinnen und Wählern. Die Linke konnte ihre situative Popularität nutzen und zog mit 8,8 Prozent der Zweitstimmen in den Deutschen Bundestag ein.

»Populär ist, was bei vielen Beachtung findet« – dieser Leitsatz des SFB »Transformationen des Populären« schließt Wertendes erst einmal aus, auch mit Blick auf eine Partei wie die vom Verfassungsschutz als rechtsextremistisch eingestufte AfD, die aus der 2025er-Wahl als zweitstärkste Kraft im Parlament hervorging. Nicht gut, so Manow, fänden diese »problematische Popularität« die »Diskussionselemente« im Land. Diese repräsentierten allerdings »ein spezifisches Milieu und spezifische Vorstellungen«, und das vergrößere letztlich in Teilen die Zustimmung zu dieser Partei in anderen Milieus mit anderen Vorstellungen.

»Es sind die Rechtspopulisten, die in den meisten europäischen Ländern zu neuen Arbeiterparteien geworden sind«, sagte Manow in einem Interview. »Auf die schaut nun die universitäre Sozialwissenschaft mit einer Mischung aus Verachtung und Verwunderung herab – ohne auf den Gedanken zu kommen, dass man selbst in den Konflikten der Gegenwart eine bestimmte soziale Gruppe mit bestimmter Sichtweise darstellt.«

Demokratie in Gefahr – oder doch stabil?

Angesichts ihrer potenziellen Gefährdung wäre es die beste Werbung für die Demokratie, zu zeigen, wie diese Staatsform funktioniert, so Philip Manow. In Europa sei das Vertrauen in die Demokratie nach wie vor äußerst stabil und so hoch wie nie, schreibt der Politikwissenschaftler in seinem Buch »Unter Beobachtung« (2024): »Generell scheint Demokratie als Wert global weiterhin unumstritten, es gibt weltweit keine ernsthafte normative Alternative zum Prinzip kollektiver Selbstbestimmung.« Demokratie also ist populär. Mit erst einmal konstanten Werten.



Foto / Photo Viktoria Pezzeri

The CRC »Transformations of Popular Culture« defines popularity as whatever gains the attention of a large number of people. This excludes any value judgments, also when it comes to a party like the AfD, which in 2025 became the second-largest party in parliament, even though it is considered right-wing extremist by the Federal Office for the Protection of the Constitution. Manow explains that Germany's »chattering classes« were dismayed. However, they represent »a specific milieu and specific ideas,« and ultimately their chatter increases the popularity of the AfD in other circles with other ideas.

In an interview, Manow said: »In most European countries it's the populist right-wing parties that have become the new workers' parties. Academics in social sciences look down on them with a mixture of contempt and astonishment. We tend to forget that, in today's conflicts, we ourselves belong to a specific social group with a specific world view.«

Democracy in danger – or still robust?

Considering the potential danger to democracy, the best way to support it would be to show how democracy works, says Philip Manow. In his 2024 book »Unter Beobachtung«, the political scientist writes that in Europe, trust in democracy remains extremely stable and higher than ever. »Generally, democracy as a value seems to still be undisputed globally. There is no serious normative alternative in the world to the principle of collective self-determination.« Therefore, democracy is popular. So far at a consistently high level.

Warum Schule nicht für alle gleich funktioniert – und wie es besser gehen könnte

Autorin / Author Maria Berentzen

Making school work for everyone

Die soziale Herkunft beeinflusst die Bildungschancen noch immer stark. Professorin Dr. Kathrin Racherbäumer forscht zur Schulentwicklung an benachteiligten Standorten – und sie hat Ideen, wie sich Schule im Sinne von mehr Bildungsgerechtigkeit verändern müsste.

Social background still has a huge impact on educational opportunity. Professor Dr. Kathrin Racherbäumer is conducting research into school development in deprived areas – and has some ideas about how schools need to change to ensure more educational equality.



Foto / Photo Viktoria Pezzeri



Prof. Dr. Kathrin Racherbäumer

Foto / Photo Viktoria Pezzeri

Der erste Schultag ist für viele Kinder ein aufregendes Ereignis: ein neuer Schulranzen, eine prall gefüllte Schultüte, vielleicht eine Feier mit Familie und Freunden. Doch nicht alle Kinder und Familien gestalten und erleben diesen Tag auf diese Weise. Und schon da kann es beginnen: das Gefühl, irgendwie nicht dazuzugehören.

Prof. Dr. Kathrin Racherbäumer, Erziehungswissenschaftlerin an der Universität Siegen, beschäftigt sich genau mit diesen Momenten – den kleinen und großen Ungerechtigkeiten, die sich in der Schule auf-tun. Sie befasst sich seit ihrem Studium mit Fragen sozialer Ungleichheit im Bildungssystem. »Ist Schule Teil der Lösung oder Teil des Problems?«, ist eine ihrer zentralen Fragestellungen. Verschiedene Forschungsergebnisse, aber auch zahlreiche Beispiele aus der Praxis zeigen: Oft ist Schule beides, obwohl die meisten Lehrpersonen eigentlich das Beste für die Kinder wollen.

»Seit Jahrzehnten treibt mich die Frage um, wie wir soziale Benachteiligung in Schulen verringern können«, sagt Racherbäumer. Gemeinsam mit Professorin Dr. Kathrin Dederich von der Universität Erfurt hat sie zuletzt im Projekt »Schulentwicklungsberatung an benachteiligten Standorten« Interviews mit 30 Schulentwicklungsberater*innen aus 14 Bundesländern und verschiedenen Schulformen geführt. Es ging dabei etwa um die Fragen: Wie arbeiten die Berater*innen konkret? Welche fachlichen und beruflichen Hintergründe bringen sie mit?

For many children, their first day at school is an exciting event: A new school backpack, in Germany a »Schultüte« full of treats, maybe a celebration with family and friends. But not all children and families have this experience. And that's where a feeling of not belonging can start.

Prof. Dr. Kathrin Racherbäumer, education researcher at the University of Siegen, is examining moments like this – the small and large injustices that emerge in school. Since her undergraduate studies, she has been tackling issues of social injustice in the education system. One of her central questions is: »Is school part of the solution, or part of the problem?« A whole range of research findings and also numerous examples from practice show that school is often both. Even though most teachers want only the best for the children.

»For decades, I've been grappling with the question of how we can reduce social disadvantage in schools,« says Racherbäumer. Most recently, she joined forces with Professor Dr. Kathrin Dederich from the University of Erfurt in the project »Support for School Development in Deprived Locations«. The two researchers conducted interviews with 30 school development consultants from 14 federal states and a wide range of school types. The questions included: How exactly do the consultants work? What specialist skills and professional backgrounds do they bring to the table?

Veränderungen können im Kleinen beginnen

»Es fehlen bisher solide Ergebnisse dazu, mit welchen Strategien Schulentwicklungsberatungen arbeiten«, sagt Racherbäumer. Eine Schulentwicklungsberatung unterstützt Schulen dabei, ihre Strukturen und die Qualität des Unterrichts zu verbessern. Die Ergebnisse der Befragung, die die Wissenschaftlerinnen aktuell in einer Studie zusammenfassen, können auch Hinweise für das Startchancen-Programm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung geben. Dabei handelt es sich um das bisher größte Bildungsprogramm in Deutschland für Bildungsgerechtigkeit, das im Jahr 2024 angelaufen ist. Hier ist Racherbäumer an der wissenschaftlichen Begleitung beteiligt.

Veränderungen an den Schulen können im Kleinen beginnen, etwa dabei, dass Kinder nicht demotiviert werden. »Sonst bekommen sie schnell das Gefühl, dass Schule nichts für sie ist.« So solle sich kein Kind an der Schule fühlen, »als würde es von einem Fettnäpfchen ins nächste treten«, sagt Racherbäumer. Und mögliche Fettnäpfchen gibt es viele.

»Wir schenken der Situation der Kinder zu wenig Aufmerksamkeit und begegnen Kindern und Eltern häufig mit zu wenig Anerkennung«, sagt Racherbäumer. Hier müssen wir genauer hinsehen, auch schon in der ersten Phase der Lehrer*innenbildung. So hilft zum Beispiel ein langer, eng beschriebener Brief wenig, wenn Eltern schlecht Deutsch sprechen oder nicht gut lesen können.

Schulentwicklungsberatung an benachteiligten Schulen

- **Fördergeber:** Robert Bosch Stiftung
- **Fördersumme:** rund 82.000 Euro
- **Projektpartnerin:** Prof. Dr. Kathrin Dederich, Universität Erfurt
- **Koordinatorin:** Prof. Dr. Kathrin Racherbäumer, Universität Siegen

Support for School Development in Deprived Schools

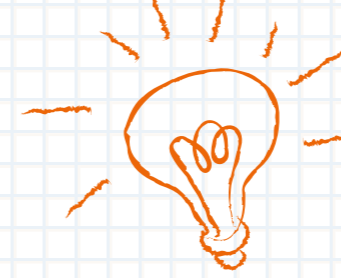
- **Funding body:** Robert Bosch Foundation
- **Amount of funding:** approx. EUR 82,000
- **Project partner:** Prof. Dr. Kathrin Dederich, University of Erfurt
- **Coordinator:** Prof. Dr. Kathrin Racherbäumer, University of Siegen

Change can start with small actions

»Currently there's a lack of solid information on what strategies school development consultants use,« says Racherbäumer. This kind of consulting supports schools to improve the structures and quality of their teaching. The researchers are currently collating the survey findings in a study which could also provide ideas for the Startchancen (Start Opportunities) program of the Federal Ministry for Education and Research. The program, launched in 2024, is Germany's largest-ever program for educational equality. Racherbäumer is involved in the scientific support for the project.

Change in schools can start with small actions. For example, by ensuring children are not demotivated. »Otherwise they quickly get the idea that school is not for them.« Racherbäumer says that no child should feel they are »blundering from one pitfall to another« at school. And there are plenty of potential pitfalls.

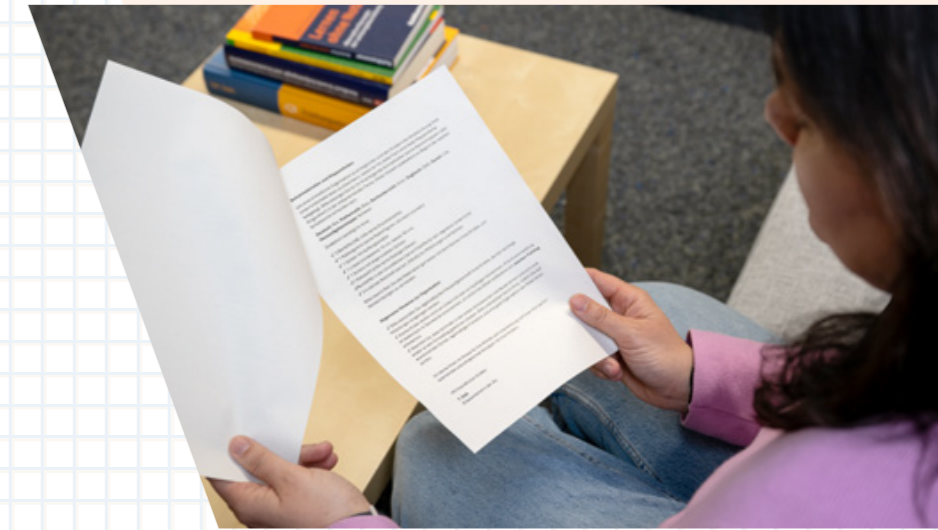
»We don't pay enough attention to each child's situation and often fail to give children and parents the recognition they deserve,« says Racherbäumer. This is where more needs to be done, starting with the first phase of teacher training. For example, a long, detailed letter isn't much help if the parents can't read or speak German very well.



Ein langer, eng beschriebener Schulbrief hilft wenig, wenn Eltern schlecht Deutsch sprechen oder nicht gut lesen können.

A long, detailed letter isn't much help if the parents can't read or speak German very well.

Foto / Photo Viktoria Pezzeri



Erfolg hängt von der Herkunft ab

Dass Bildungserfolg in Deutschland stark von der sozialen Herkunft abhängt, ist längst bekannt. Ebenso, dass Schulen je nach Standort mit völlig unterschiedlichen Bedingungen konfrontiert sind. Oft wird bei Schulen in bestimmten Gebieten von benachteiligten Standorten gesprochen. Das bedeutet: hohe Arbeitslosigkeit, viele Familien mit Migrationshintergrund, wenig finanzielle Ressourcen. »Diese Schulen sollten personell deutlich besser ausgestattet werden, denn es ist unstrittig, dass es mit Blick auf die Schüler*innenschaft mehr Herausforderungen gibt«, sagt Racherbäumer.

Wie reagieren Schulen darauf? Manche Lehrkräfte senken das Leistungsniveau, um soziale Unterschiede auszugleichen. Ein fataler Kreislauf. »Dann gibt es weniger fachliches Lernen und mehr Erziehungs- und Sozialarbeit«, sagt die Wissenschaftlerin. Das rächt sich spätestens bei bundesweiten Vergleichstests. »Wir wissen, dass viele Schüler*innen keine oder zu geringe Basis-kompetenzen in Deutsch, Mathematik und Demokratiebildung haben. Das ist nicht nur ein Schulproblem, sondern das betrifft uns alle als Gesellschaft.«

Doch was können Schulen anders machen? Oft wird versucht, ein Konzept, das an einer Einzelschule funktioniert hat, auf eine andere Schule zu übertragen. Doch das funktioniert selten. Jede Schule sei anders: andere Schüler*innen, andere Probleme, andere Schulkultur. »Und oft werden Schulen dann noch als »Problemschulen« stigmatisiert, weil sie versuchen, die Probleme der Gesellschaft zu lösen.«

Success at school depends on background

It has long been known that educational success in Germany depends to a large extent on social background. And also that schools are confronted with completely different conditions depending on their location. Some schools are located in what are called deprived areas. This means high unemployment, lots of families with a migrant background, low incomes. »These schools should have much better staffing levels, because it is indisputable that the children present greater challenges,« says Racherbäumer.

But how do schools react to the problem? Some teachers lower the educational standards to even out social differences. This creates a disastrous downward spiral. »It leads to less subject teaching and more general educational and social work,« says the researcher. And those chickens come home to roost at the latest in national school rankings. »We know that many students have no or only low basic skills in German, math, and democracy education. That isn't just a problem in schools; it also affects us all as a society.«

But what can schools do differently? Often, a system that has been a success at one school is tried at another. But that rarely works. Every school is different, with different students, different problems, a different school culture. »What's more, schools are then often labeled »problem schools« precisely because they try to solve problems in society.«

Evaluation des Programms »23+ Starke Schulen«

- Fördergeber: Freie Hansestadt Hamburg, Behörde für Schule und Berufsbildung
- Fördersumme: 238.500 Euro
- Koordinatorin: Prof. Dr. Kathrin Racherbäumer

Ressourcen für Schulen in bestimmten Gebieten

Racherbäumer hat schon an vielen Schulprojekten mitgewirkt. Etwa am Projekt »23+ Starke Schulen in Hamburg« oder dem Talentschulversuch NRW, in denen es um die Frage geht, wie man Schulen in sozial herausfordernden Stadtgebieten wirksam unterstützen kann. Oft sitzt sie dann mit Stift und Block im Klassenzimmer, beobachtet den Unterricht, sieht Lehrkräften in den Pausen zu, spricht mit Schulleitungen, ist bei Gesprächen zur Schulentwicklungsplanung zugegen. »Ich sitze dabei, spiele Mäuschen und mische mich erst mal nicht ein«, sagt sie. Ihre Rolle ist es, die Daten zu analysieren und auf der Grundlage der Ergebnisse Impulse zu geben. Manchmal ist sie auch in sogenannte Research-Practice-Partnerships eingebunden, bei denen es um einen Austausch zwischen Wissenschaft und Praxis geht, sie also auch selbst Schulentwicklungsberatung leistet.

»Sprachen sind eine Ressource. Kinder dürfen in manchen Schulen nicht einmal mit Freunden in ihrer Erstsprache reden. Das ist fatal.«

Prof. Dr. Kathrin Racherbäumer

More resources for schools in specific areas

Racherbäumer has worked on a large number of school projects. For example, »23+ Strong Schools in Hamburg«, or the »Talent School Experiment NRW«, which examine how to effectively support schools in socially deprived neighborhoods. She often sits in on classes with a pen and notebook, observes lessons, watches teachers during breaks, talks to head teachers, and attends school development planning meetings. »I sit still, keep quiet, and don't interfere,« she says. Her role is to analyze the data and make suggestions based on the findings. Sometimes she is involved in Research-Practice-Partnerships which support dialog between research and practice. In this capacity, she provides school development consulting herself.

One conclusion she has reached is that no matter how hard schools in deprived areas try, they often can't get far without additional resources. Hamburg has shown a way forward. »In Hamburg, schools in deprived areas get more staff and very systematic consulting that looks at the culture in the individual school and focuses on teaching and learning for the students.



Foto / Photo Viktoria Pezzei

Eine Erkenntnis: Schulen in benachteiligten Gebieten können sich noch so sehr anstrengen, ohne zusätzliche Ressourcen kommen sie oft nicht weit. Hamburg hat es vorgemacht. »Dort gibt es an benachteiligten Standorten mehr Personal und tolle Entwicklungen durch eine sehr systematische Schulentwicklungsberatung, die auf die Kultur der Einzelschule schaut und auf Unterricht und Lernen der Schuler*innen gerichtet ist.« Das mache einen Unterschied. Aber es brauche auch Zeit. Handlungsempfehlungen allein reichten oft nicht, sondern es helfe auch, die eigene Haltung zu überdenken. Racherbäumer erinnert sich an eine Schulleiterin, die Vielfalt als Bereicherung sieht. »Sie sagte mir, dass sie jeden Tag etwas Neues über Sprachen und Kulturen lernt. Und das war ehrlich gemeint.«

Auch international gibt es Vorbilder. In Kanada werden Kinder lange gemeinsam unterrichtet, statt sie früh zu trennen. In Deutschland dagegen meinen Lehrpersonen, aber auch Eltern oft: Je heterogener die Klasse, desto schlechter die Leistung. »Dabei profitieren Kinder von Vielfalt«, sagt die Wissenschaftlerin. »Schließlich ist die Gesellschaft ebenfalls divers.« Ein weiterer Punkt ist der Umgang mit Mehrsprachigkeit. »Sprachen sind eine Ressource«, sagt Racherbäumer. Doch oft werde Mehrsprachigkeit nicht wertgeschätzt und auch nicht gefördert, sondern leider unterdrückt. »Kinder dürfen in manchen Schulen nicht einmal mit Freund*innen in ihrer Erstsprache reden. Das ist fatal.«

»Languages are a resource. In some schools, children aren't allowed to speak their first language even with friends. That's disastrous.«

Prof. Dr. Kathrin Racherbäumer



Foto / Photo Viktoria Pezzei

The city has achieved great results.« That certainly makes a difference. But it also takes time. Recommendations for action alone are often not enough. People also have to reflect on their own attitudes. Racherbäumer recalls a head teacher who considers diversity enriching. »She told me she learns something new about languages and cultures every day. And she genuinely meant it.«

There are also positive models around the world. In Canada children are taught together for a long time rather than being separated early. But in Germany, teachers and parents often think the more diverse the class, the poorer the performance. »Actually children benefit from diversity,« says the researcher. »After all, society is also diverse.« Another point is how schools deal with multilingual children. »Languages are a resource,« says Racherbäumer. But often, this ability is not appreciated or supported, but suppressed, she adds. »In some schools, children aren't allowed to speak their first language even with friends. That's disastrous.«

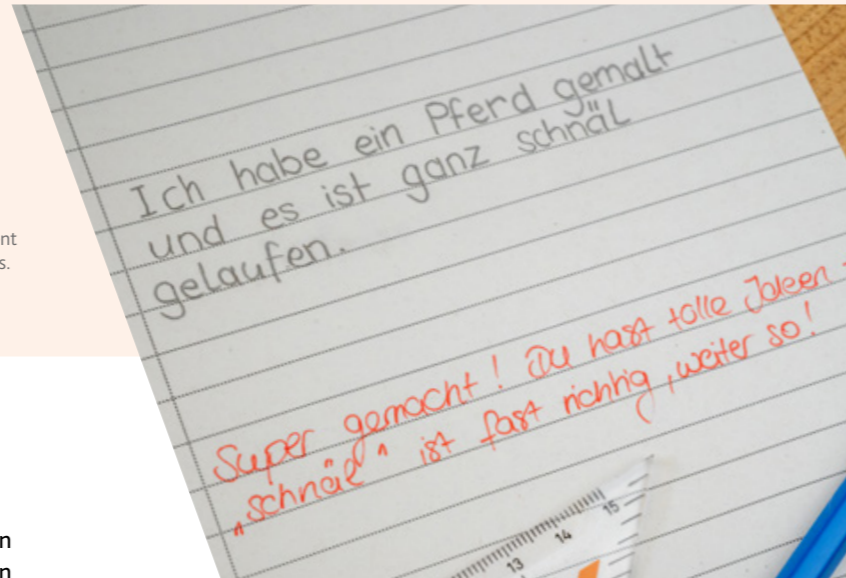
Evaluation of the program »23+ Strong Schools«

- Funding body: City of Hamburg, Schools and Vocational Education Authority
- Amount of funding: EUR 238,500
- Coordinator: Prof. Dr. Kathrin Racherbäumer

**Motivieren statt frustrieren:
Ein Hebel wäre eine andere
Fehlerkultur.**

Motivate instead of frustrate:
One solution could be a different
approach to handling mistakes.

Foto / Photo Viktoria Pezzei



Zum Lernen motivieren statt frustrieren

Ein weiterer Hebel ist eine andere Fehlerkultur. Motivieren statt frustrieren. Racherbäumer denkt dabei etwa an einen Schüler, der sich mit Vokabeln schwertat. Der Junge hatte gelernt, doch im Test waren die Wörter falsch geschrieben. Der Lehrer hätte alles rot anstreichen können. Stattdessen schrieb er: »Du hast super gelernt, in jedem Wort stimmen die Buchstaben! Jetzt müssen wir nur noch daran arbeiten, dass sie in die richtige Reihenfolge kommen.« Unter dem Test prangte ein dicker Smiley. »Das motiviert natürlich gleich ganz anders.«

Die Lösungen liegen eigentlich auf dem Tisch: bessere Ausstattung, ein Blick für die Realitäten der Kinder, mehr Ermutigung statt Sanktionen. Auch eine andere Perspektive auf die Gestaltung des Schulalltags würde helfen, in dem die Kinder motiviert statt bestraft werden. Ein vergessener Badeanzug ist für die meisten Kinder sehr unangenehm, auch ein vergessenes oder nicht vorhandenes Geodreieck fällt auf. »Die Kinder sind dann vielleicht sieben Jahre alt, und manche Eltern gucken abends nicht in die Schultasche und kontrollieren. Dabei wäre es leicht, das in den Schulen aufzufangen und zum Beispiel ein weiteres Geodreieck oder Ersatzkleidung zu haben.« Das hätte konkrete Auswirkungen auf die Teilhabe der Kinder.

Doch viel mehr als an den einzelnen Schulen sieht Racherbäumer die Schulentwicklung an benachteiligten Standorten als eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. »Politik und Gesellschaft sollten das mehr steuern«, sagt sie. »Wir können es uns wirklich nicht leisten, dass wir Schüler und Schülerinnen haben, die die Schule nach zehn Jahren verlassen und nicht richtig lesen und schreiben können. Und die keine Lust mehr haben, sich in die Gesellschaft einzubringen, weil die Schule es nicht geschafft hat, sie für das Leben zu motivieren. Das hat Folgen für uns alle.«

Motivation instead of frustration

Another lever is developing a different mistake culture. Motivation instead of frustration. Racherbäumer gives the example of a young student who had trouble learning vocabulary. He tried to learn, but in the test he spelled the words wrong. The teacher could have covered everything in red ink. Instead, he wrote »Well done, you got the right letters in every word! Now we just have to work on getting them in the right order.« And added a big smiley face. »Obviously, that motivated the student much more.«

In fact, the solutions are already on the table: Better resources, understanding for the realities of the children's lives, more encouragement instead of punishment. A change of perspective on daily life at school would also help by motivating children. Most children are very upset if they forget equipment like their swimming gear or set square. »The child might be seven years old and the parents have forgotten to check their bag. It would be easy to keep spare swimming gear and a set square at school for just such a case.« And that would boost children's participation in a very concrete way.

But Racherbäumer stresses that school development in deprived locations is not just a matter for individual schools. It is much more a responsibility of society as a whole. »Politics and society should take greater action,« she says. »We really can't afford to have youngsters leaving school after ten years who still can't read and write properly. And who aren't interested in contributing to society because schools haven't managed to motivate them for a better life. That has consequences for all of us.«

Täuschung auf Knopfdruck

Autorin / Author Nora Ratmann

Fake or real –
How can we tell?



Foto / Photo Viktoria Pezzei

Grafik / Graphic unsplash.com / Jason Leung

Der Eiffelturm steht in Flammen, Taylor Swift ist Unterstützerin von Donald Trump – von Künstlicher Intelligenz (KI) generierte Bilder, Videos und Audios überfluten das Netz – täuschend echt und kaum zu stoppen. Im neuen europäischen KI-Gesetz bleiben Deepfakes und ihre Gefahren für Gesellschaft, Wirtschaft und Datenschutz weitgehend unberücksichtigt. Wie könnte eine »Positivkennzeichnung« für echte Inhalte gegen Manipulation helfen? Sollten menschengemachte Werke besonders geschützt werden, um Kreativität zu bewahren? Und welche rechtlichen Grauzonen gibt es beim KI-Training zur Abwehr von Betrug? Antworten gibt der Rechtswissenschaftler Professor Dr. Maximilian Becker.



Über 200 Millionen Mal angesehen, sogar der Hashtag #PrayForParis trendete – dabei waren die Videos des brennenden Eiffelturms von 2024 sehr wahrscheinlich KI-generiert. Unecht waren sie in jedem Fall.

Viewed over 200 million times, even the hashtag #PrayForParis trended – yet the videos of the burning Eiffel Tower from 2024 were most likely AI-generated. In any case, they were undoubtedly fake.

Foto / Photo Viktoria Pezzer

Deepfakes sind künstlich erzeugte oder manipulierte Foto-, Video- und Tonaufnahmen, die schwer oder gar nicht als Fälschung zu erkennen sind. Sie können einzelne Bilder bzw. Videos von real existierenden oder vollständig neu geschaffenen Personen umfassen. Ebenso ist es möglich, Stimmen nachzuahmen oder komplett neu zu generieren, zum Beispiel für Telefonate, Sprachnachrichten oder Reden. Eine ähnliche Definition findet sich in Art. 3 Nr. 60 KI-VO.

Mithilfe von Künstlicher Intelligenz (KI) kann mittlerweile fast jeder spielend leicht Deepfakes erstellen. Seit 2024 gibt es eine europäische Gesetzgebung zu KI. Deepfakes kommen darin so gut wie nicht vor. Wie kann das sein?

Prof. Dr. Maximilian Becker In der öffentlichen Debatte geht es sehr viel um generative KI, also um die Erstellung von Texten, Videos, Bildern, Codes und dergleichen durch KI. Dieses Themenfeld berührt die Gesetzgebung aber nur ganz am Rande. Damit ist die KI-Verordnung (KI-VO) aus der Sicht von Endnutzern ziemlich realitätsfern. KI wird darin als großes Sicherheitsrisiko gesehen, und es werden zunächst vor allem Sicherheitsbereiche adressiert, in denen unmittelbar physische Gefahren drohen. Beispielsweise soll sichergestellt werden, dass bei Herzschrittmachern oder Insulinpumpen qualitativ hochwertige und sichere KI zum Einsatz kommt, damit diese keine fehlerhaften Entscheidungen treffen, etwa weil sie auf lückenhaften Trainingsdaten basieren. Es geht auch um kritische Infrastruktur wie Kraftwerke oder Staudämme. Der menschliche Geist wiederum wird gegen krasse Formen der KI-gestützten Überwachung und Manipulation geschützt. Deepfakes werden von diesen Vorschriften zu verbotener und Hochrisiko-KI aber nur in Extremfällen erfasst. Man hat sich zunächst auf die erstgenannten Gefahren beschränkt, weil sich das KI-Feld sehr schnell entwickelt hat. Generative KI wurde erst im Laufe der Verhandlungen über die KI-Verordnung zu einem relevanten Thema. Der EU-Gesetzgeber ging noch 2020 davon aus, dass KI in näherer Zukunft keine eigenen Werke, Erfindungen etc. hervorbringen könne.

Today, almost anyone can easily create deepfakes using AI. The EU passed legislation regulating AI in 2024, but it barely mentions deepfakes. Why?

Prof. Dr. Maximilian Becker Public debate has focused on generative AI – the generation of texts, videos, images, codes and the like. But the AI Act addresses this area in little more than a footnote. For end users, that makes the Act feel quite detached from everyday life. It treats AI as a major security risk and is mostly concerned with safety measures aimed at preventing physical harm. For example, the Act mandates the use of high-quality, safe AI in cardiac pacemakers and insulin pumps to prevent incorrect decisions due to insufficient training data. Another area of focus is critical infrastructure such as power plants and dams. The human mind, on the other hand, is protected against blatant forms of AI-supported surveillance and manipulation, but deepfakes are only covered by these regulations on prohibited and high-risk AI in extreme cases. The legislators focused on the obvious dangers, but AI has developed at breakneck speed since then. Generative AI only became a relevant issue during the course of negotiations on the AI Act. In 2020, EU legislators still assumed that AI would not be able to produce original works or inventions any time soon.

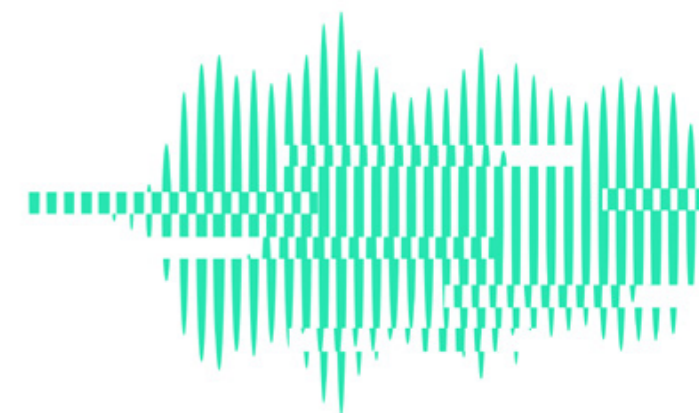
Deepfakes are artificially generated or manipulated photos, videos, and audio recordings which are difficult or impossible to recognize as fake. They can include individual images or videos of real people or completely made-up characters. It is also possible to mimic voices or generate them from scratch – for example, for phone calls, voice messages, or speeches. A comparable definition can be found in Art. 3 No. 60 of the AI Act.



The Eiffel Tower is in flames, Taylor Swift is supporting Donald Trump – AI-generated images, videos, and audio clips are flooding the internet. These creations appear convincingly real and seem almost impossible to stop. Yet the EU's new AI Act barely tackles deepfakes and their dangers for society, the economy, and data protection. Could a »positive label« for authentic content help against manipulation? Should human-authored works receive special protection to preserve creativity? And what legal gray areas exist in AI training when it comes to fraud prevention? Professor and legal scholar Maximilian Becker has some answers.

Foto / Photo unsplash.com

Foto / Photo freepik.com



Teilprojekt »Industrie der Personendaten« im Sonderforschungsbereich »Medien der Kooperation«

- Fördergeber: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
 - Fördersumme: rund 800.000 Euro
 - Förderdauer: 2024–2027
 - Koordinatoren: Prof. Dr. Maximilian Becker (Universität Siegen), Prof. Dr. Marcus Burkhardt (Universität Paderborn)
- ➔ www.mediacoop.uni-siegen.de/de/projekte/a07/

Heißt das im Umkehrschluss, dass Deepfakes gar nicht so gefährlich sind?

Becker Auch in Deepfakes steckt potenziell eine hohe Gefahr. Und zwar aus verschiedenen Perspektiven: Erstens aus persönlicher und wirtschaftlicher Sicht. Es gibt viele Akteure, die ein Interesse daran haben, Menschen lange an ihre Geräte zu binden, um persönliche Daten abzugreifen und passgenaue Werbung einzublenden. Da ist jedes Mittel recht. Deepfakes sind oft Eyecatcher, werden also als Köder eingesetzt, um Menschen möglichst lange und umfassend auszuspähen. Diese Ökonomie persönlicher Daten im Kontext von Online-Werbung untersuchen wir in unserem Teilprojekt »Industrie der Personendaten« des Sonderforschungsbereichs »Medien der Kooperation«. Im wirtschaftlichen Kontext geht es bei KI auch darum, dass aus persönlichen Daten psychologische Profile mit auf den eigenen Charakter zugeschnittenen Inhalten erstellt werden können. Das passiert heute schon, kann aber durch KI noch viel genauer und damit gefährlicher werden, etwa wenn Websites und Apps nach Prinzipien des Designs von Glücksspielen gestaltet sind, Abhängigkeiten erzeugen und zu manipulativen, teuren Kaufentscheidungen führen. Auch das ist etwas, das wir im SFB erforschen.

Zweitens besteht eine Gefahr aus der Sicht des Schutzes der Persönlichkeit und speziell personenbezogener Daten. Es kann zu schweren Rechtsverletzungen und Schäden kommen, wenn das Gesicht eines Politikers missbraucht wird oder Personenbilder z. B. im pornografischen Kontext verwendet werden.

Does that mean deepfakes are not that dangerous?

Becker No, deepfakes are potentially extremely dangerous, for several reasons. Firstly, on a personal and economic level. There are many entities that want to keep people at their screens for as long as possible in order to collect personal data and serve targeted advertising. And they have no scruples. Deepfakes often serve as attention traps designed to keep users engaged for as long as possible so their data can be harvested. Our subproject »Personal Data Industries« within the collaborative research center (CRC) »Media of Cooperation« is examining this business of using personal data for online advertising. In a business context, AI is also used to generate psychological profiles from personal data in order to show content tailored to users' individual personalities. Of course, this is already happening, but AI can make it significantly more precise and therefore dangerous. For example, websites and apps can be designed according to the principles of gambling to hook users and drive manipulative, costly purchasing decisions. This is another aspect we are examining in the CRC.

Secondly, there's a danger of unwanted personal profiling and misuse of personal data. If a politician's face is misused or someone's image is exploited, e.g., in pornographic content, these are severe violations of personality rights that can cause severe harm.

Thirdly, there is a societal risk. Deepfakes have the potential to incite hatred through provocation and misinformation, to polarize societies, and to influence elections. The AI Act requires users of generative AI to label deepfakes as such. To me, negative labeling is unlikely to be effective – it's like putting up a sign in a supermarket that says: »Shoplifters, please report to the checkout.«



Foto / Photo Viktoria Pezzeri

Drittens besteht eine Gefahr in gesellschaftlicher Hinsicht. Deepfakes haben das Potenzial, durch Provokation und Falschinformationen Hass zu schüren, Gesellschaften zu spalten und Wahlen zu beeinflussen. Die KI-VO verlangt von den Nutzern generativer KI, Deepfakes als solche zu kennzeichnen. Eine solche Negativkennzeichnung ist aus meiner Sicht nicht Erfolg versprechend. Man plakatiert ja auch nicht im Supermarkt: »Ladendiebe bitte an der Kasse melden.«

Wenn eine Kennzeichnung von Fake-Inhalten nicht Erfolg versprechend ist, wie könnte man das Problem stattdessen angehen?

Becker Ich plädiere für eine Positivkennzeichnung, die authentische Inhalte als »Echtnachrichten« oder dergleichen kennzeichnet. Das könnte so aussehen: Eine zuständige Behörde prüft potenzielle Kennzeichnungsberechtigte und vergibt ein Label, mit dem diese ihren Content als authentisch markieren können. Auf einer Liste wäre für alle einsehbar, welche Quellen dieses Positiv-Label erhalten haben. Dies wäre nicht auf öffentliche Medien beschränkt, sondern stünde auch privaten und kleineren Playern zur Verfügung. Es hätte den Charakter eines Qualitätsmerkmals, dieses Label zu erhalten und auf der offiziellen Liste zu stehen. Um die Qualität der Liste zu gewährleisten, hätten die darauf Stehenden ein Interesse daran, Verstöße anderer Akteure zu melden. Ebenso könnten alle Mitglieder der Öffentlichkeit Verstöße melden und ggf. selbst dagegen vorgehen, wobei praktisch wohl Verbände die größte Rolle spielten. Es bräuchte also nicht einmal eine offizielle Kontrollinstanz. Im Falle eines Verstoßes, d. h. wenn ein Medium auf der Liste Deepfakes verbreitet, könnten Sanktionen wie z. B. Bußgelder oder sogar strafrechtliche Schritte drohen.

»Eine solche Negativkennzeichnung ist aus meiner Sicht nicht Erfolg versprechend. Man plakatiert ja auch nicht im Supermarkt: »Ladendiebe bitte an der Kasse melden.««

Prof. Dr. Maximilian Becker

»To me, negative labeling is unlikely to be effective – it's like putting up a sign in a supermarket that says: »Shoplifters, please report to the checkout.««

Prof. Dr. Maximilian Becker

If negative labeling isn't effective, how else could the problem be tackled?

Becker I advocate for a system of positive labeling that marks authentic content as »genuine news« or something similar. Here's how it could work: A designated authority checks potential content creators who might qualify for labeling and grants them a label they can use to mark their content as authentic. A public list could show which sources have been awarded this positive label, making it transparent for everyone. This system wouldn't be restricted to public media but would also be available to private and smaller players. Receiving the label and being listed publicly would serve as a mark of quality. To maintain the integrity of the list, those included would have a vested interest in reporting violations by other actors. Likewise, members of the public could report violations and potentially take action themselves – in practice, however, this role would likely fall to associations or civil society organizations. So we wouldn't even need any official watchdog authority. In the event of a violation – for instance, if a listed outlet distributes deepfakes – sanctions could be imposed, ranging from fines to possible criminal charges.

Subproject »Personal Data Industries« in the collaborative research center »Media of Cooperation«

- Funding body: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG, German Research Foundation)
 - Amount of funding: EUR ca. EUR 800,000 (Universities of Siegen and Paderborn)
 - Funding period: 2024–2027
 - Cooperation: Prof. Dr. Maximilian Becker (University of Siegen), Prof. Dr. Marcus Burkhardt (University of Paderborn)
- ➔ www.mediacoop.uni-siegen.de/en/projects/a07/



Foto / Photo istockphoto.com / Laurence Dutton

Eine wasserdichte Lösung ist das bei Weitem nicht. Und natürlich wird das Stichwort Meinungsfreiheit aufkommen sowie die Frage, mit welcher Legitimation eine Behörde solche Labels vergeben kann. Diese Probleme gibt es aber spiegelverkehrt auch bei einer Negativkennzeichnung. Und es ist das Beste, was wir auf die Schnelle machen können. Der Ansatz hätte auch den Vorteil, dass er relativ preiswert und über die Grenzen Deutschlands und der EU hinaus umsetzbar wäre. Denn natürlich könnten auch internationale Medien und Personen die Positivkennzeichnung beantragen. Das Label wäre ja etwas Erstrebenswertes und keine Gängelung.

Wäre eine Positivkennzeichnung für »Echt-Inhalte« auch eine Idee für menschengemachte Inhalte, um Menschen einen Vorsprung vor KI zu geben?

Becker Die Positivkennzeichnung wäre aus meiner Sicht zusätzlich eine sinnvolle Unterstützung für Menschen als Urheber bzw. Leistungsschutzberechtigte. Bisher musste man sich im Urheberrecht keine Gedanken darum machen, ob ein Werk von einem Menschen erschaffen wurde oder nicht. Das war immer automatisch der Fall. Mit KI als Urheber haben wir es mit einem völlig neuen Phänomen zu tun. Das Urheberrecht deckt solche Fälle bisher nicht ab. Dass es z. B. für KI-generierte Musik Leistungsschutzrechte gibt und für KI-generierte Bilder nicht, ist purer Zufall. Die Frage, die wir uns stellen müssen, lautet: Wollen wir menschliche Werke künftig auch explizit deshalb schützen, weil sie von Menschen geschaffen wurden?

Of course, this is far from a watertight solution. And naturally, concerns about freedom of speech will arise – along with questions about the legitimacy of any authority granting such labels. However, the same problems arise with negative labeling, and it remains the best quick-fix option. Another advantage of this approach would be that it is relatively cheap and could be implemented beyond the borders of Germany and the EU. International media outlets and individuals could also apply for the positive label. After all, the label would be something desirable – not a form of restriction.

Would positive labeling of »authentic content« also be a good idea for human-generated content to give it an advantage over AI?

Yes, I believe positive labeling would also benefit humans as content creators and protect intellectual property rights. Up to now, it hasn't been necessary in intellectual property law to consider whether a work was created by a human or not. It was always human-created. But with AI-generated content, we're facing a completely new phenomenon. Current copyright law doesn't cover it. The fact that neighboring rights apply to AI-generated music but not to AI-generated images is purely coincidental. This raises a fundamental question: Do we want to explicitly protect human works in the future precisely because they are created by humans?

Wenn man Mensch und KI in den unregulierten Wettbewerb ziehen lässt, welche Konsequenzen hätte das? Hat der Mensch überhaupt eine Chance?

Becker Wir werden sehr schnell an den Punkt kommen, an dem die KI die weitaus besseren Ergebnisse liefert als der Mensch. Teilweise ist das bereits der Fall. Wahrscheinlich werden sich nur solche menschlichen Inhalte durchsetzen, bei denen es Menschen auf deren menschliche Herkunft ankommt. Zum Beispiel geht es den Fans einer Musikerin um ihre Person – kaum jemand will das Konzert einer Roboterband sehen.

If humans and AI are thrown into unchecked competition, what would the consequences be? Do humans even have a chance?

Becker We'll very quickly reach a point where AI will deliver far better results than humans – in some areas, it already does. Most likely, the only human-created content that will continue to stand out is the kind where people value its human origin. For example, fans of a musician are interested in their person – very few people would be interested in attending a concert by a robot band.

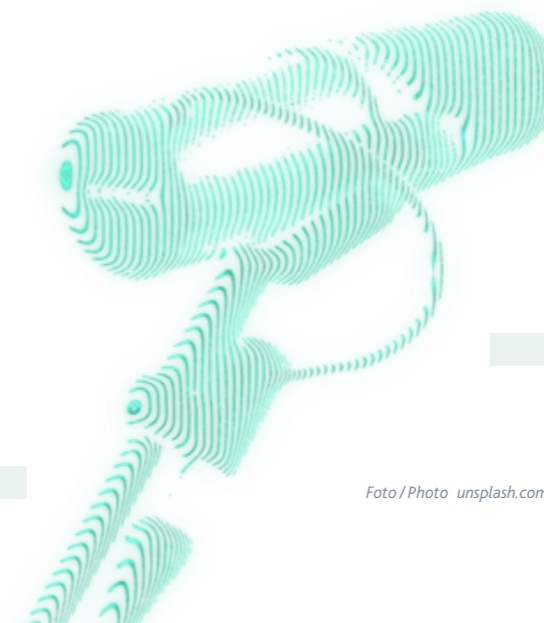


Foto / Photo unsplash.com / JonTyson



Foto / Photo istockphoto.com / peshkov

Durch überall verfügbare KI-Lösungen besteht die Gefahr, dass es für Menschen nicht mehr erstrebenswert ist, Instrumente, kreative Berufe oder Fremdsprachen zu erlernen. Genauso wie immer weniger Menschen mit Landkarten aus Papier umgehen können oder ihre Fähigkeiten im Kopfrechnen nutzen. All das können bereits existente Apps und künftig die KI besser. Das Verlernen grundlegender kultureller Fertigkeiten wäre fatal für unsere Gesellschaft. Auch unter diesem Gesichtspunkt wäre eine Positivkennzeichnung für Werke, die von Menschen geschaffen wurden, ein Wettbewerbsvorteil für den Menschen in Konkurrenz mit der KI. Auch die Kreativbranche würde davon profitieren. Denn zunehmend werden zum Beispiel Models und Fotografen für Werbekampagnen, Schauspieler und Drehbuchautoren oder Designer durch günstige KI ersetzt.

With AI tools becoming available everywhere, there's a real risk that people are no longer motivated to learn instruments, pursue creative professions, or study foreign languages. Just as increasingly fewer people are using printed maps or mental arithmetic. These are all things that apps – and soon AI – can already do better. Losing fundamental cultural skills would be fatal for society. This is another aspect where positive labeling for works created by humans would give humans a competitive advantage over AI. The creative industry would benefit as well. For example, models and photographers for advertising campaigns, actors and scriptwriters, and designers are increasingly being replaced by cheaper AI solutions.

Grafik / Graphic unsplash.com / Jason Leung



Foto / Photo istockphoto.com / pocketlight

Um Urheberrecht geht es auch bei der Frage, mit welchen Trainingsdaten Künstliche Intelligenz gefüttert werden darf, um zu lernen. Die Trainingsdaten gehören schließlich in den meisten Fällen einem Urheber. Wie schätzen Sie die rechtlichen Rahmenbedingungen ein?

Becker In einem unserer Forschungsprojekte, das 2025 gestartet ist, geht es um Anti-Scam – genauer gesagt, um die Abwehr von Betrug durch gefälschte Sprachnachrichten. Ein Beispiel wäre der Anruf des Enkels, der die Großmutter mit seiner »echten« Stimme um Geld bittet. Mein Kollege Prof. Dr. Gunnar Stevens, der im Bereich IT-Sicherheit und Verbraucherinformatik forscht, entwickelt mit seinem Team die Software, um solche Angriffe abzuwehren. Meine Projektmitarbeiterin und ich geben die Einschätzung, in welchem Umfang und unter welchen Bedingungen welche Daten zum Training verwendet werden dürfen. Sowohl die KI, die man für Angriffe trainiert, als auch die, die man für die Abwehr und das Erkennen von Betrug braucht, benötigt Trainingsdaten, um zu lernen. In diesem Fall braucht sie sogar menschliche Stimmproben, was lizenzrechtlich besonders heikel ist und an die Problematik der Industrie der Personendaten anknüpft.

Der Zugang zu Trainingsdaten beschäftigt die EU bereits seit fast zehn Jahren. Dort läuft das Thema unter dem Begriff des Text- und Data-Minings. Es ist erlaubt, urheberrechtlich geschützte Werke für das Training von KI mit einigen Einschränkungen kostenlos zu nutzen. Teilweise umstritten ist aber, inwiefern hiervon auch das Füttern von generativer KI mit solchen Daten abgedeckt ist.

Another question for copyright law is what training data should be permitted to teach artificial intelligence. After all, usually the training data belongs to a human author. How do you assess the legal framework in this area?

Becker One of our projects launched in 2025 focuses on anti-scam measures, or more exactly, on preventing fraud through fake voice messages. A good example is a fake phone call from a supposed grandson to his grandmother, asking her for money in what sounds like his genuine voice. A team headed by my colleague Professor Gunnar Stevens, a researcher in IT security and consumer informatics, is developing software to detect and block such attacks. My research assistant and I are examining the extent to which – and under what conditions – certain types of data may be used for AI training purposes. Both the AI trained for the scams and AI used for defense and fraud detection require training data they can learn from. In this example, they even need human voice samples. This poses particular challenges under licensing law and is linked to the broader concerns of the personal data industry.

The issue of access to training data has been on the EU's agenda for nearly a decade. In that context, it falls under what's known as »text and data mining.« The free use of works protected under intellectual property rights to train AI is permitted, with some restrictions. However, it remains a matter of debate to what extent this also covers the training of generative AI systems using such data.

Grafik / Graphic freepik.com / kjpargeter

Es stellt sich also die Frage: Auf welche Daten kann ich für das KI-Training legal zugreifen?

Becker Genau. Wenn wir für unser Anti-Scam-Projekt 30 Gigabyte an Stimmproben haben und diese weltweit open source zur Verfügung stellen wollen, brauchen wir eine sehr anspruchsvolle Lizenzvereinbarung, damit die einzelnen Stimmen weltweit von Unbekannten für noch unbekannte Zwecke verwendet werden dürfen. Das ist ein schwieriges Feld zwischen Persönlichkeitsrecht und Datenschutzrecht. In Deutschland haben wir dafür kein sehr belastbares Lizenzrecht, weil man sich und seine Daten nach deutschem Recht nicht verkaufen kann. Nach der DSGVO (Datenschutz-Grundverordnung) kann man seine eigenen personenbezogenen Daten – anders als zum Beispiel ein Auto – nicht unwiderruflich veräußern, selbst wenn man das unbedingt will. Dies führt zu einer Rechtsunsicherheit, die vom Gesetzgeber gewollt ist, um den Handel mit personenbezogenen Daten zu unterminieren. Auf der einen Seite schützt es den Einzelnen vor Datenhändlern, auf der anderen Seite erschwert es das KI-Training. Meine Aufgabe als Rechtswissenschaftler mit dem Schwerpunkt Immaterialgüterrecht – also das Recht der Güter, die man nicht anfassen kann, zum Beispiel Musik, Erfindungen oder eben Stimmproben – ist es, hier Lösungsmöglichkeiten zu finden.

»AntiScam: Abwehr von Kommunikationsbetrug zum Schutz der digitalen Identität«

- **Fördergeber:** Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
- **Gesamtfördersumme:** 1,4 Mio. Euro (davon 1,25 Mio. Euro vom BMBF)
- **Förderdauer:** 2024–2027
- **Beteiligte Institutionen:** Universität Siegen, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, open.INC GmbH

So the question is: What data can I legally use for AI training?

Becker Exactly. Say that, for our anti-scam project, we have 30 gigabytes of voice samples and want to make them available worldwide as an open-source resource. Then we need a highly sophisticated license agreement so that the individual voices can be used worldwide by unknown entities for yet unknown purposes. That's a complex legal gray area between personality rights and data protection law. In Germany, we don't have any robust licensing law for this scenario because German law prohibits the sale of an individual's personality and their data for large parts. According to the GDPR (General Data Protection Regulation), personal data – unlike, say, a car – cannot be irretrievably sold, even if someone explicitly wants to do so. That leads to legal uncertainty, which was deliberately created by the legislature to undermine trading with personal data. On one hand, this protects individuals from data traders, on the other, it complicates AI training. As a legal scholar specializing in intellectual property – the law governing intangible assets such as music, inventions or voice samples – my task is to find solutions in this area.

»AntiScam: Defense against communication fraud to protect digital identity«

- **Funding body:** Federal Ministry for Education and Research (BMBF)
- **Total amount of funding:** EUR 1.4 m (of which EUR 1.25 m from the BMBF)
- **Funding period:** 2024–2027
- **Participating institutions:** University of Siegen, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, open.INC GmbH

Wie forscht ein Rechtswissenschaftler?

Prof. Dr. Maximilian Becker: Ich verstehe die Rechtswissenschaft als eine Art beobachtende Instanz, die ohne parteiliche Bindung analysiert, Trends ausmacht, sie kommentiert und Ideen für die Gesetzgebung einbringt sowie – last but not least – grundlegende Gerechtigkeitsfragen erforscht. Richter können vieles hiervon aufgrund ihres Amtes nur eingeschränkt tun, Anwälte und Lobbygruppen sind meist parteiisch, und der Gesetzgeber ist eher Beobachtungsgegenstand als Beobachter. Hier fungiert die Rechtswissenschaft als externe Perspektive. Wir analysieren dabei nicht nur die Gesetzgebung – also neue Gesetze und Entwicklungen –, sondern auch, wie diese durch die Rechtsprechung umgesetzt und von der Praxis aufgenommen wird. Wie werden Gesetze ausgelegt? Sind sie gut anwendbar? Große Umfragen bei der Bevölkerung oder Unternehmen sind in unserem Fach selten. Die sogenannten Empirical Legal Studies haben in Deutschland keinen starken Stand – obwohl sie ein wichtiges und hochinteressantes Fach sind. Die Gesetzgebung und die Rechtsprechung sind de facto die wichtigste Empirie der deutschen Rechtswissenschaft.

How does a legal scholar conduct research?

Prof. Dr. Maximilian Becker: I see legal scholarship as a kind of unbiased observation instance. It analyzes developments, identifies trends, provides comments and ideas for legislation, and explores fundamental questions of justice. Due to their official office, judges can only do this to a limited extent. Lawyers and lobby groups are usually partisan, and legislators are more often the subject of observation than observers themselves. This is where legal academia provides an external perspective. We don't just analyze legislation – new laws and developments – but also how laws are interpreted by the courts and implemented in practice. How are laws applied? Are they workable in the real world? In our discipline, large-scale surveys of public opinion or of companies are rare. In Germany, empirical legal studies are not strongly represented – although they are an important and fascinating subject. In practice, legislation and judicial decisions remain the most significant sources of empirical insight in German legal scholarship.



Foto / Photo Viktoria Pezzei

Elektroautos im Kreislauf fahren

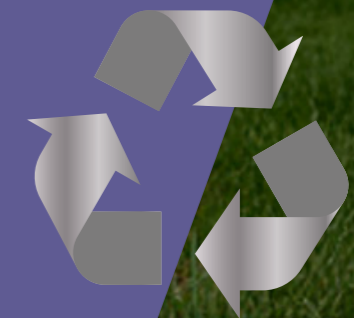
Autor / Author Tim Schröder
Fotos / Photos Viktoria Pezzei

Electric cars go circular

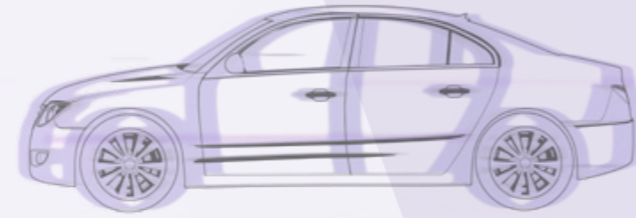


Mit der wachsenden Zahl von Elektroautos wird auch die Menge an E-Auto-Schrott zunehmen. Für die Recycling-Industrie wird das zur Herausforderung, weil in ihnen viele neuartige Rohstoffe enthalten sind. Das Graduiertenkolleg »Circular E-Cars«, an dem die Universität Siegen beteiligt ist, entwickelt deshalb Lösungen, die ein vollständiges Recycling von Elektroautos möglich machen.

As the number of electric cars grows, so does the volume of e-car scrap. This presents a challenge for the recycling industry, because the scrap contains a whole range of novel raw materials. The University of Siegen is a participant in the »Circular E-Cars« research training group, which is developing solutions for full recycling of electric cars.



Auf den Straßen werden künftig mehr und mehr Elektroautos unterwegs sein. So haben in China und Norwegen Elektroautos bei den Neuzulassungen bereits Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor überholt. Mit ein wenig Verzögerung wird dieser Trend auch für Deutschland erwartet. Das bedeutet, dass in den nächsten Jahren der Anteil von Elektroautos im Schrott zunehmen wird. Das aber wird die Recycling- und Verwertungsbranche vor Herausforderungen stellen, weil Elektroautos zum Teil ganz andere Materialien oder Metallmischungen, sogenannte Legierungen, enthalten als Verbrenner. Es haben sich deshalb Fachleute von vier Hochschulen aus Nordrhein-Westfalen im Graduiertenkolleg »Circular E-Cars« zusammengetan, damit Elektroautos künftig dennoch möglichst vollständig recycelt werden können. So soll letztlich die Industrie bei den Herausforderungen aus dem europäischen Green Deal unterstützt werden.



Grafik / Graphic freepik.com / rawpixel.com

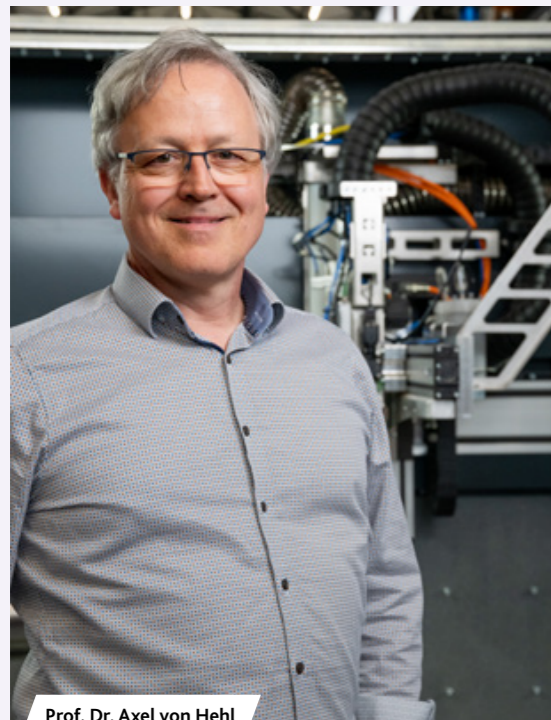
In the future, more and more electric cars will be on the roads. In China and Norway, new electric cars already outstrip new combustion-engine models. Soon this trend is expected to spread to Germany. It also means the share of electric cars in scrap is set to increase in the coming years. That presents a challenge for the recycling industry because electric cars contain very different proportions of materials and metal alloys than conventional cars. This is why experts from three universities in North Rhine-Westphalia have joined forces in the »Circular E-Cars« research training group with the aim of ensuring electric cars can in future be recycled as fully as possible. Their work will support the industry to meet the challenges of the European Green Deal.

Research teams from several professorships at the University of Siegen are also on board. The speaker of the Siegen team is materials researcher Professor Dr. Axel von Hehl, who is tackling the processing of scrap aluminum in the »Circular E-Cars« research training group. What makes this so important is that using recycled aluminum emits around 96 percent less carbon dioxide than using primary aluminum. »Here in South Westphalia, aluminum is a big issue because in the Sauerland and Siegerland region there are a lot of medium-sized enterprises that process aluminum or manufacture machines for its production, for example rolling mills for aluminum sheet.«

The perfect aluminum alloy for each product

Generally, aluminum is alloyed metallurgically to achieve the perfect chemical composition for each application. Depending on the application, various chemical elements are added to the alloy, for example, silicon, magnesium, or copper. The final composition that makes up the alloy influences the characteristics of the components produced. Fenders need to absorb crash impacts.

Grafiken / Graphics freepik.com / kcherezoff

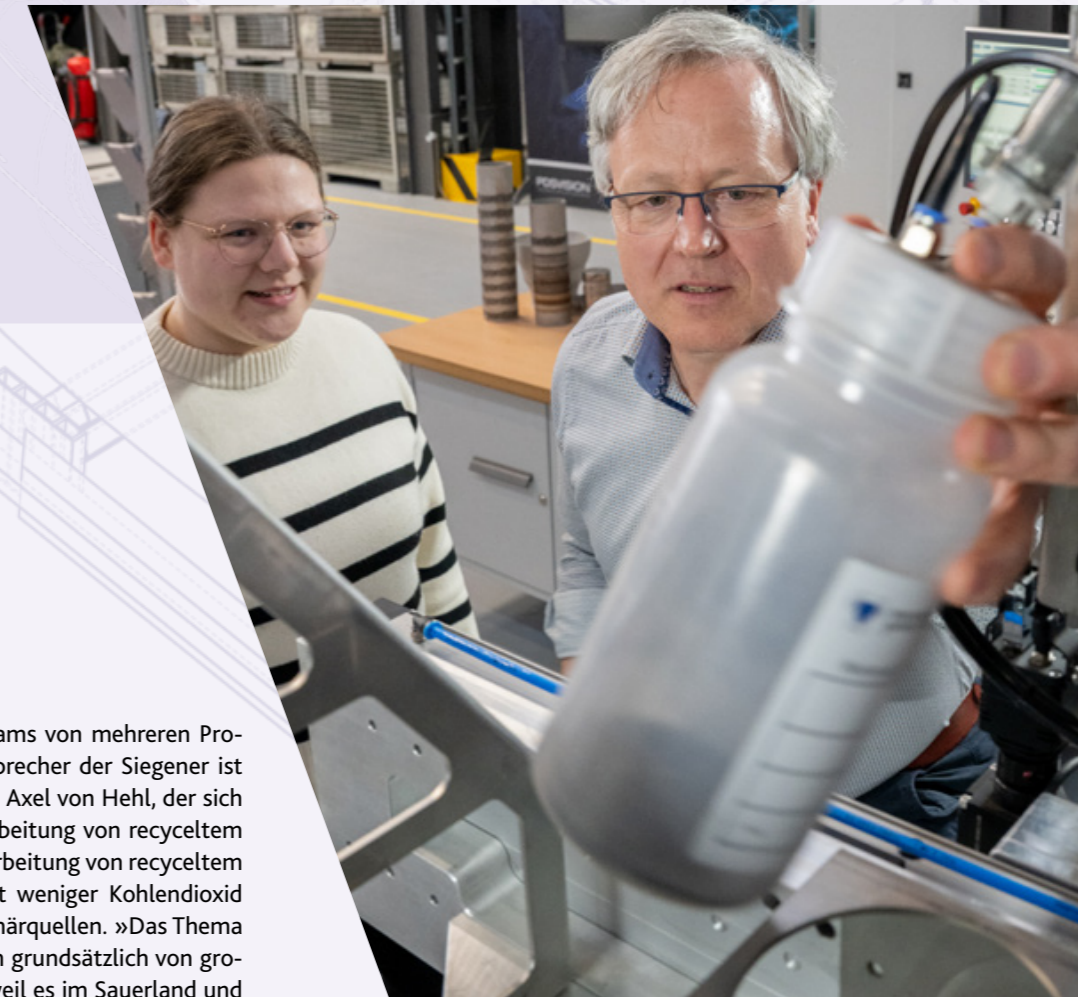


Prof. Dr. Axel von Hehl

Mit dabei sind auch Forschungsteams von mehreren Professuren der Universität Siegen. Sprecher der Siegener ist der Werkstoffkundler Professor Dr. Axel von Hehl, der sich in »Circular E-Cars« mit der Verarbeitung von recyceltem Aluminium beschäftigt. Denn die Verarbeitung von recyceltem Aluminium stößt rund 96 Prozent weniger Kohlendioxid aus als die von Aluminium aus Primärquellen. »Das Thema Aluminium ist hier in Südwestfalen grundsätzlich von großem Interesse«, sagt von Hehl, »weil es im Sauerland und Siegerland viele mittelständische Unternehmen gibt, die Aluminium verarbeiten oder Maschinen für die Herstellung von Aluminium bauen« – beispielsweise Walzwerke für die Produktion von Alu-Blechen.

Die perfekte Alu-Mischung für jedes Produkt

Grundsätzlich gilt, dass Aluminiumlegierungen für jede Anwendung perfekt in ihrer chemischen Zusammensetzung abgemischt werden. Je nach Einsatzzweck werden der Legierung unterschiedliche chemische Elemente beigemischt, etwa Silizium, Magnesium oder Kupfer. Denn die Mischung – die Legierung – beeinflusst die Eigenschaften der Bauteile. Kotflügelbleche etwa sollen beim Crash den Stoß abfedern. Zylinderköpfe für Motoren sollen verschleißfest sein. Doch wenn künftig Elektroautos und Verbrenner zusammen recycelt werden, wird es kompliziert, weil sie unterschiedliche Alu-Legierungen enthalten. Zylinderköpfe für Verbrennermotoren zum Beispiel werden im Aluminiumguss hergestellt. Damit das Alu beim Gießen lange flüssig bleibt, mischt man der Legierung viel Silizium bei. Auch verhindert das Silizium, dass sich beim Abkühlen Risse bilden. Will man Aluminium aber zu Autoblechen walzen und anschließend umformen, stört das Silizium.



Cylinder heads in engines must be wear-resistant. But if we want to recycle electric and combustion cars together in the future, things will get complicated. The different drive types come in different aluminum alloys. For example, cylinder heads for combustion engines are produced from cast aluminum. The alloy needs to remain liquid for a long time during casting, so silicon is added. The silicon also prevents cracks forming as the components cool. But silicon is no good for aluminum rolled and formed to make auto sheet. Obviously, clean separation of different aluminum alloys from electric and combustion-driven cars will be difficult if they are dumped together in scrapyards. The recycled aluminum becomes more contaminated. And the industry is not ready for this. Manufacturers are accustomed to using highly sorted recycled metal alongside primary aluminum. »Manufacturing processes are entirely geared to top purity,« says von Hehl. He points out that this jars with the idea of a circular economy in the future, where goods and resources are always fully used, but sometimes have to be processed as mixed materials.

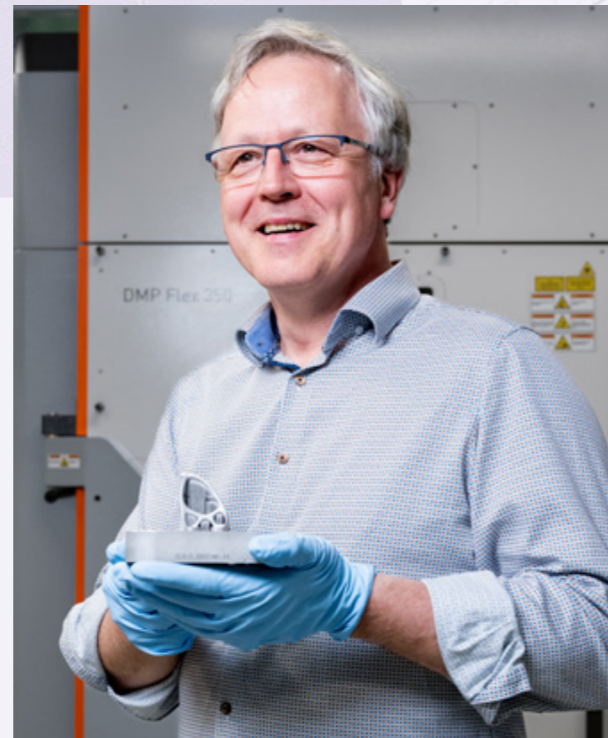
»Wenn wir die Themen Nachhaltigkeit und Rohstoffersparnis ernst nehmen wollen, dann müssen wir die Industrie also dazu befähigen, auch verunreinigte Rezyklate verarbeiten zu können.«

Prof. Dr. Axel von Hehl

Werden künftig Aluminium-Gussteile aus den Verbrennern mit den Alu-Blech-Legierungen aus den Elektroautos beim Recyclen vermischt, dann wird es schwierig, den Schrott sortenrein zu trennen. Die Folge: Aluminium-Blech-Rezyklate werden stärker verunreinigt. Darauf ist die Industrie aber nicht eingestellt. Hier ist man es gewohnt, dass neben hochreinem Primäraluminium stets Rezyklate mit großer Sortenreinheit zur Verfügung stehen. »Die Produktionsverfahren sind gänzlich auf hohe Reinheit getrimmt«, sagt von Hehl. Das beiße sich mit der Idee von der künftigen Kreislaufwirtschaft, in der Güter und Rohstoffe immer wieder restlos aufbereitet, dabei teils aber auch vermischt verarbeitet werden müssen.

Produktionsprozesse flexibler machen

»Wenn wir die Themen Nachhaltigkeit und Rohstoffersparnis ernst nehmen wollen, dann müssen wir die Industrie also dazu befähigen, auch verunreinigte Rezyklate verarbeiten zu können«, betont er. »Es braucht neue Produktionsprozesse, die damit zurechtkommen, also resilienter werden.« Genau daran arbeitet er in seinen Labors an der Universität Siegen. So nutzt er unter anderem additive Verfahren, besser bekannt als 3D-Drucker, die aus Metallpulver Bauteile fertigen, sogenannte Laser-Pulverbett-Schmelzverfahren. In diesen Anlagen wächst ein Bauteil Schicht für Schicht in die Höhe, indem abwechselnd das Pulver von einem Laser aufgeschmolzen wird, dann erstarrt, anschließend von einer neuen Schicht Pulver überzogen und wieder aufgeschmolzen wird. Der Vorteil dieser Technologie besteht unter anderem darin, dass sich damit in kurzer Zeit viele Pulver aus verschiedenen Legierungen verarbeiten lassen – auch solche, wie sie künftig in Rezyklaten aus gemischtem Alu-Schrott auftreten werden.



Making production processes more flexible

»If we want to take sustainability and resource saving seriously, we have to give industry the capability to process even impure recycled materials,« he stresses. »We need new, more resilient production processes that can cope with these conditions.« This is precisely what he is working on in his labs at the University of Siegen. Among other methods, he uses additive processes – better known as 3D printing – to produce components using selective laser melting. Here, components are built up in individual layers. First the powder is melted by a laser, then allowed to set, then covered with a new layer of powder, which is in turn melted. One of the advantages of this technology is that it processes large quantities of powder made up of various alloys in a short time, including future alloys from mixed aluminum scrap.

»Die Eigenschaften einer Legierung hängen aber nicht nur von den Legierungselementen ab, sondern auch davon, wie man das Alu behandelt«, erläutert von Hehl – etwa davon, wie schnell eine Legierung erstarrt. So kann er zum Beispiel die Erstarrung des aufgeschmolzenen Pulvers verlangsamen, indem er weniger Laserenergie einsetzt und die Platte beheizt, auf der das Bauteil bei der Fertigung liegt. Sein Ziel: Er will herausfinden, wie sich mit geeigneten Prozessparametern auch mit verunreinigten Legierungen hervorragende Materialeigenschaften erreichen lassen, wie man sie bislang nur von hochreinen Legierungen aus Primärquellen kennt. »Wir wollen mit unseren Ansätzen ein Downcycling verhindern.«

Flexible Produktion durch intelligente Sortierung

Wer künftig gemischten Alu-Schrott verarbeitet, muss wissen, was darin steckt. Wie hoch ist der Anteil an reinem Aluminium, wie hoch der von Legierungselementen wie Silizium, Kupfer oder Magnesium oder von Verunreinigungen wie Eisen? Viele Verunreinigungen kommen auch von im Autoschrott anhaftenden Resten von Kabeln oder Kunststoffteilen. Um das herauszufinden, werden Sensortechnologien benötigt, mit denen diese Reste identifiziert und aussortiert werden können. Entsprechend intelligente Messwerkzeuge entwickelt die Professur für Höchstfrequenztechnik und Quantenelektronik der Universität Siegen, die ebenfalls an »Circular E-Cars« beteiligt ist. Die Verarbeitung von Schrott sieht dann künftig so aus: Erst prüft der Sensor die geschredderte Schrott-Charge. Dann werden die Bestandteile nach Rezyklaten sortiert. Anschließend wird der Produktionsprozess an die aus den Alu-Rezyklaten zusammengesetzte Legierung angepasst.



»The properties of an alloy aren't determined just by its elements, but also by how the aluminum is treated,« explains von Hehl. For example, how long does an alloy take to solidify? It's possible to slow the solidification process, e.g. by applying less laser energy or heating the plate underneath the component. His goal is to determine the process parameters necessary to achieve excellent material properties even with impure alloys, matching the quality so far only possible with high-purity alloys from primary sources. »We want to prevent downcycling.«

Intelligent sorting enables flexible production

If you want to process mixed aluminum scrap, you need to know what it contains. How high is the proportion of pure aluminum, how high the content of silicon, copper, magnesium, or impurities such as iron? A significant source of impurities is residues of cables or plastic parts in auto scrap. So sensor technologies must be developed that allow identification and removal of these residues.

»If we want to take sustainability and resource saving seriously, we have to give industry the capability to process even impure recycled materials.«

Prof. Dr. Axel von Hehl



Nachhaltiger und sicherer

Nach Ansicht von Axel von Hehl gibt es viele Gründe dafür, Auto-Rohstoffe im Kreislauf zu fahren. Zum einen der CO₂-Fußabdruck: Frisches Primäraluminium wird aus dem Erz Bauxit hergestellt. Dabei fallen rund 15 Tonnen Kohlendioxid pro Tonne Alu an. Schmilzt man hingegen Aluminium aus Schrott wieder auf, wird wegen des erheblich geringeren Energiebedarfs gerade einmal eine halbe Tonne Kohlendioxid frei. »Hinzu kommt, dass sich die europäischen Märkte in Sachen Rohstoffe von Lieferländern unabhängiger machen sollten, indem sie Rohstoffe idealerweise vollständig wiederverwerten«, erläutert von Hehl. Daher haben die »Circular E-Cars«-Partner neben Aluminium und Stahl noch viele andere Rohstoffe im Blick – Kunststoffe, Verbundmaterialien und Kupfer oder auch ganze Elektronik-Komponenten.

Intelligent measuring tools for this purpose are currently being developed by the Professorship of High Frequency and Quantum Electronics at the University of Siegen, which is also involved in the »Circular E-Cars« research training group. Here's how scrap processing will work in future: The sensor checks the shredded batch of scrap. Next, the different elements are sorted according to types of recycling materials. Finally, the production process is adjusted to the alloy resulting from the materials.

Sustainability and reliability

Axel von Hehl points out the many advantages of using raw materials for cars in a loop. Foremost among them is the carbon footprint. Primary aluminum is extracted from bauxite ore. This process releases some 15 tons of carbon dioxide per ton of aluminum. Using aluminum from scrap takes vastly less energy and emits just a half ton of carbon dioxide. »What's more, Europe wants to reduce its dependence on raw material imports. An ideal way of achieving this is fully recycling raw materials,« explains von Hehl. That's why the partners in the »Circular E-Cars« research training group are tackling not only aluminum and steel, but also other raw materials – plastics, composites, and copper, as well as entire electronics components.

There is also an overriding goal of »Circular E-Cars« – to protect jobs and the aluminum industry in the Rhineland region, and even to create new jobs. »The era of lignite for electricity generation will be over in a few years' time. There will be less energy available and higher prices. If we can provide the industry with technological and economic solutions for largely eliminating energy-intensive primary materials, the industrial transformation will be a success and create

Das übergeordnete Ziel von »Circular E-Cars« ist es, im Rheinischen Revier die vielen Arbeitsplätze in und um die ansässige Aluminiumindustrie zu erhalten und darüber hinaus neue zu schaffen. »Die Ära der Braunkohleverstromung geht hier in den kommenden Jahren zu Ende. Energie wird knapp und teuer. Schaffen wir es, der Industrie technologisch-wirtschaftliche Lösungen für einen weitestgehenden Verzicht auf energieintensive Primärmaterialien aufzuzeigen, kann die industrielle Transformation gelingen und für neue Geschäftsfelder sorgen«, sagt von Hehl. Was alles denkbar ist, zeigen die einzelnen Arbeitspakete in »Circular E-Cars« bereits. Von Hehls Kollegen von der Professur für Produktentwicklung etwa arbeiten daran, auf die Kreislaufwirtschaft abgestimmte und dabei besonders materialsparende Bauteile zu gestalten. Diese werden nur an den Stellen dicker ausgeführt, die besonders starken Kräften ausgesetzt sind. Zudem will von Hehl erforschen, wie sich per additiver Fertigung in einem Bauteil verschiedene Legierungsqualitäten kombinieren lassen. So könnte ein Bauteil an den besonders beanspruchten Stellen gezielt aus speziell angepassten Legierungen aufgebaut werden, an den weniger beanspruchten Randbereichen hingegen mit einer geringerwertigen Recycling-Legierung. »Alles in allem arbeiten wir an Lösungen, die auf industrielle Prozesse übertragbar sind, um die Produktion von Industriegütern deutlich grüner zu machen«, sagt von Hehl.

Research training group »Circular E-Cars«

- **Cooperation partners:** RWTH Aachen, FH Münster, Wuppertal Institute, Humboldtⁿ as an initiative of the Rectors' Conference of Universities in North Rhine-Westphalia
 - **Funding body:** Federal Ministry for Education and Research (BMBF)
 - **Funding period:** 2024–2027
 - **Amount of funding:** EUR 8.4 m (of which EUR 1.8 m for the University of Siegen)
- 🌐 www.uni-siegen.de/en/news/utilizing-the-potential-of-old-electric-cars

new business opportunities,« says von Hehl. The individual work units in the »Circular E-Cars« research group are already revealing what could be possible. Just one example: Von Hehl's colleagues from the Professorship of Product Development are working on components designed specifically for the circular economy with especially low material input. They are only thicker at the points which have to withstand particularly high forces. In another approach, von Hehl is also looking at how different alloy qualities can be combined in a single component using additive manufacturing. For example, a manufacturer could build up component areas exposed to high stresses using specially formulated alloys, while less critical edge areas could be made from lower-quality recycled alloys. »Altogether we're working on solutions that can be applied in industrial processes to achieve much greener production of industrial goods,« says von Hehl.

Graduiertenkolleg »Circular E-Cars«

- **Kooperationspartner:** RWTH Aachen, FH Münster, Wuppertal Institut, Humboldtⁿ als Initiative der Landesrektorenkonferenz der nordrhein-westfälischen Universitäten
 - **Fördergeber:** Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
 - **Förderdauer:** 2024–2027
 - **Fördersumme:** 8,4 Mio. Euro (davon 1,8 Mio. Euro für die Universität Siegen)
- 🌐 www.uni-siegen.de/news/das-potenzial-alter-elektroautos-nutzen

Endgültiger Ritterschlag für die Siegener Teilchenphysik

Interview Tanja Hoffmann

The ultimate accolade for Siegen Particle Physics

Ab 2026 ist Siegen mit einem eigenen Fähnchen auf der Deutschlandkarte der Exzellenzcluster vertreten. Im Mai 2025 erhielt die Universität Siegen den Zuschlag für einen Exzellenzcluster im Bereich der Elementarteilchenphysik. Das gemeinsame Vorhaben mit der Universität Bonn, der TU Dortmund und dem Forschungszentrum Jülich trägt den Titel »Color meets Flavor«. In den kommenden sieben Jahren wird es mit insgesamt rund 45 Millionen Euro gefördert. Professor Dr. Alexander Lenz ist Sprecher des Siegener Cluster-Teams und Co-Sprecher der Gesamtinitiative. Im Interview erklärt er, was er und seine Kolleg*innen im Vorhaben »Color meets Flavor« erforschen möchten.

From 2026, Siegen will boast its own flag on the map of excellence clusters in Germany. In May 2025, the University of Siegen was chosen for an excellence cluster in elementary particle physics. The joint project with the University of Bonn, TU Dortmund, and the research facility Forschungszentrum Jülich goes under the title »Color meets Flavor«. Over the next seven years, it will receive funding totaling EUR45 million. Professor Dr. Alexander Lenz is the spokesperson of the cluster team in Siegen and co-spokesperson of the overall project. In this interview he explains what he and his colleagues will be working on in the »Color meets Flavor« project.

Prof. Lenz, der Cluster »Color meets Flavor« möchte zur Klärung bislang ungelöster Fragen zur Natur des Universums beitragen. Worum geht es genau?

Prof. Dr. Alexander Lenz Wir beschäftigen uns mit der grundsätzlichen Frage: Woraus besteht Materie, was sind die fundamentalen Bausteine des Universums? Im vergangenen Jahrhundert ist die Forschung hier schon sehr weit gekommen. Unser gegenwärtiger Kenntnisstand ist im sogenannten Standardmodell der Teilchenphysik zusammengefasst. Dieses Modell kann in vier kurzen Zeilen zusammengefasst werden, die die Natur im Mikrokosmos beschreiben. Einerseits ist das eine sehr erfolgreiche Theorie, die durch Tausende von Experimenten bestätigt wurde. Auf der anderen Seite lässt das Modell jedoch fundamentale Fragen offen. Zum Beispiel kann es nicht erklären, wie nach dem Urknall Materie entstanden ist. Denn wenn man die Gleichungen des Standardmodells anwendet, würde es Materie und Antimaterie in exakt gleicher Menge geben. Diese gleich vielen Teilchen und Antiteilchen würden zusammentreffen und sich annihilieren, also gegenseitig vernichten. Damit würde keine Materie übrigbleiben und wir beide könnten jetzt nicht hier sitzen und dieses Interview führen.

Prof. Lenz, the aim of the »Color meets Flavor« cluster is to find explanations for unresolved questions about the nature of the universe. What exactly does that entail?

Prof. Dr. Alexander Lenz We're looking at the fundamental question: What does matter consist of, what are the basic building blocks of the universe? Research over the last century achieved great progress in this area. Our current knowledge is expressed in the Standard Model of particle physics. This model can be summed up in four short lines that describe nature in the microcosm. On the one hand, it's an extremely successful theory backed up by thousands of experiments. On the other hand, the model leaves fundamental questions unanswered. For example, it doesn't explain how matter came into existence after the Big Bang, because according to the calculations of the Standard Model, matter and antimatter must be present in exactly the same quantities. According to the model, if the number of particles and antiparticles were equal, they would cancel each other out, in other words destroy each other. No matter at all would remain, and the two of us wouldn't be sitting here talking about it.



Das Siegener Exzellenzcluster-Team zusammen mit der Rektorin der Universität, Prof. Dr. Stefanie Reese. Im Bild (von links): Dr. Qader Dorosti, Prof. Dr. Thorsten Feldmann, Prof. Dr. Ivor Fleck, Prof. Dr. Tobias Huber, Prof. Dr. Thomas Mannel, Prof. Dr. Markus Cristinziani, Prof. Dr. Stefanie Reese, Dr. Oliver Witzel, Prof. Dr. Alexander Lenz, Prof. Dr. Guido Bell, Dr. Elisabeth Schopf, Katharina Voß und Dr. Carmen Diez Pardos.

The Siegen Cluster of Excellence team together with the university's rector, Prof. Dr. Stefanie Reese. Pictured (from left): Dr. Qader Dorosti, Prof. Dr. Thorsten Feldmann, Prof. Dr. Ivor Fleck, Prof. Dr. Tobias Huber, Prof. Dr. Thomas Mannel, Prof. Dr. Markus Cristinziani, Prof. Dr. Stefanie Reese, Dr. Oliver Witzel, Prof. Dr. Alexander Lenz, Prof. Dr. Guido Bell, Dr. Elisabeth Schopf, Katharina Voß and Dr. Carmen Diez Pardos.

Foto / Photo Sascha Hüttenhain

Das bedeutet: Die Forschung hat einen Teil der Naturgesetze verstanden, sie sucht aber derzeit noch nach Ergänzungen, um zum Beispiel erklären zu können, warum es Materie im Universum gibt. Dabei schauen Sie auf winzige Elementarteilchen, die sogenannten Quarks.

Lenz Genau. Die Quarks sind die kleinsten bekannten Bausteine, die unsere sichtbare Welt erklären können, – und davon gibt es verschiedene Sorten: die Up-Quarks und die Down-Quarks, die Bausteine von Protonen und Neutronen, welche wiederum die Bausteine der uns vertrauten Materie sind. Was man dann aber festgestellt hat: Von diesen Up- und Down-Quarks gibt es jeweils schwerere Kopien, »Charm« und »Strange«. Und von denen gibt es nochmal schwerere Kopien, die wir als »Top« und »Bottom« bezeichnen. Was wir aktuell noch nicht genau wissen, ist, warum die Natur diese Verdopplung beziehungsweise Verdreifachung bei den Quarks eingeführt hat. Aber es gibt Hinweise, dass diese verschiedenen Teilchengenerationen mit der Entstehung von Materie zu tun haben – also, dass die schwereren Kopien der Quarks der Schlüssel dafür sein könnten, warum es mehr Materie als Antimaterie gibt und wie die bisher durch das Standardmodell beschriebene Symmetrie zwischen Materie und Antimaterie gebrochen werden könnte. Aus diesem Grund sind die Quarks für uns so interessant.

Der Cluster trägt den Titel »Color meets Flavor«. Was hat es mit diesen Begriffen auf sich?

Lenz »Flavor« ist einfach ein anderer Begriff für »Teilchenart«. Es gibt bekanntlich sechs verschiedene Arten von Quarks – wir sprechen hier auch von sechs verschiedenen Flavors. Elementarteilchen mit verschiedenen Flavors können sich durch Zerfälle ineinander umwandeln; diese Umwandlungsprozesse untersuchen wir in der Flavor-Physik. In Experimenten haben wir dabei auch schon den Effekt beobachtet, dass sich ein Teilchen bei einem Zerfallsprozess anders verhält als sein Antiteilchen. In der Physik nennen wir diesen Effekt »CP-Verletzung«: Die Symmetrie zwischen einem Teilchen und seinem Antiteilchen ist verletzt – eine Voraussetzung, die wir benötigen, um beschreiben zu können, dass im Urknall ein Materie-Überschuss erzeugt wurde.

Da diese CP-Verletzung auftritt, wenn sich ein Quark in ein anderes umwandelt, möchten wir diese Prozesse gerne genauer untersuchen. Das ist aber leider nicht so einfach – und da kommt »Color« ins Spiel. Als »Color« bezeichnen wir eine starke Wechselwirkung, die nur in der Mikrowelt gültig ist und die mehrere Quarks zu sogenannten Hadronen bindet. Die Quarks sind also quasi durch diese starke Kraft in Hadronen gefangen. Das macht es für uns schwer, sie einzeln zu beobachten. Hinzu kommt, dass die starke Wechselwirkung auch mathematisch sehr schwer zu kontrollieren ist.

So researchers understand some of the natural laws, but are still searching for additional knowledge to explain, e.g. the existence of matter in the universe. To find the answers, they're looking at tiny elementary particles called quarks, right?

Lenz Exactly. Quarks are the smallest known elementary particles that explain our visible world. There are various types: Up quarks and down quarks combine to form protons and neutrons, which in turn make up the matter we're all familiar with. But scientists also discovered more aspects. Up quarks and down quarks each have heavier copies, known as charm and strange. And these have even heavier counterparts named top and bottom quarks. What we don't yet fully understand is why quarks are doubled or tripled in this way. But there are indications that these different particle generations have something to do with the emergence of matter. It's possible that the heavy copies of quarks could be the key to why there is more matter than antimatter and how the symmetry between matter and antimatter described in the Standard Model could be broken. That's what makes quarks so fascinating.

The cluster title is »Color meets Flavor«. What do the two terms mean?

Lenz »Flavor« is simply another name for »particle type«. We know there are six types of quark – or six different flavors. Elementary particles with different flavors can change through particle decay into other types, and flavor physics examines these transformation processes. Experiments have shown that a particle behaves differently in the decay process to its antiparticle. In physics, this effect is termed »CP violation«. It means that the symmetry between a particle and its antiparticle is violated, which is the precondition we need to describe why the Big Bang created more matter than antimatter.

CP violation occurs when a quark transforms into a different quark, which is why we want to examine this process in more depth. But it's not that easy, because »color« also comes into play. Color is the term for a strong interaction which only applies on the micro-scale and combines several quarks into hadrons. This strong force essentially traps quarks in hadrons. And that makes it hard for us to observe them separately. What's more, strong interaction is extremely difficult to examine mathematically.

So one of the main goals of the cluster is to gain a better understanding of strong interaction. Only then will we be able to observe the elementary process of quark decay and learn precisely how CP violation works.



Foto / Photo René Traut

Ein wesentliches Ziel des Clusters ist es deshalb, die starke Wechselwirkung besser zu verstehen – weil wir uns nur dann den elementaren Prozess der Quark-Zerfälle besser anschauen können, um zu lernen, wie die CP-Verletzung genau funktioniert.

Wie genau gehen Sie dabei vor? Es gibt ja einerseits Experimente, in denen die Quarks durch Messungen nachgewiesen werden können. Andererseits lassen sie sich auch mathematisch berechnen.

Lenz Sowohl Experiment als auch Theorie spielen im Cluster eine wichtige Rolle. Unsere Idee ist, alle sechs Quarks in Experiment und Theorie abzudecken. Dabei versuchen wir, so genau wie möglich zu messen und so genau wie möglich zu rechnen. Und eigentlich wäre es unser Traum, signifikante Abweichungen zwischen den Messungen einerseits und den Berechnungen andererseits zu finden. Es gibt seit einigen Jahren Hinweise darauf, dass Experiment und Theorie in bestimmten Bereichen nicht ganz übereinstimmen. Hier möchten wir genauer hinschauen, um herauszufinden, ob eine echte Diskrepanz vorliegt. Das könnte dann ein Hinweis auf eine neue Kraft oder ein neues Teilchen sein. Das könnte uns helfen, das Standardmodell der Physik so zu ergänzen, dass es die Entstehung von Materie erklären könnte.

Im Exzellenzcluster arbeiten vier Universitäten bzw. Institutionen zusammen: Die Universität Bonn, die TU Dortmund, das Forschungszentrum Jülich und die Universität Siegen. Warum haben sich gerade diese vier Partner zusammengefunden?

Lenz Es gibt schon seit vielen Jahren eine enge Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Gruppen. Das ist eine sehr gute Grundlage für das gemeinsame Cluster-Vorhaben, darauf können wir in den kommenden Jahren wunderbar aufbauen. Unser Ziel ist es, im Cluster das gesamte Spektrum abzudecken: von den leichten Up-/Down-Quarks bis zu den schweren Top-/Bottom-Quarks; und zwar in Theorie und Praxis.

How exactly will you do this? Experiments can prove the existence of quarks through measurements. But they can also be calculated mathematically.

Lenz Experiments and theory both play a vital role in the cluster. Our idea is to cover all six quarks through experimentation as well as theory. We aim to measure and calculate as precisely as possible. Our dream result would be to find significant deviations between the measurements on the one hand and the mathematical calculations on the other. Over the past few years, indications have emerged that findings from experiments and theory don't precisely match up in certain areas. We want to take a closer look to find out whether the discrepancy is real. If it is, this could indicate a new force or a new particle. And maybe we could add a new contribution to the Standard Model of physics that explains the existence of matter.

Four universities/institutions are cooperating in the excellence cluster: The University of Bonn, TU Dortmund University, the research facility Forschungszentrum Jülich, and the University of Siegen. Why these four partners in particular?

Lenz There's been close collaboration between us for many years. That creates an ideal basis we can build on in the coming years for the joint cluster project. Our goal is to cover the full spectrum: From the light up/down quarks to the heavy top/bottom quarks, in theory and in practice. In recent years the research communities – hadron physics that studies light quarks, and classic particle physics that focuses on heavy quarks – have drifted apart. An important aim of the cluster is to reunite these communities and work together to gain new knowledge. I'm confident we'll achieve this through our joint efforts.

Having the Forschungszentrum Jülich on board also gives us access to the most powerful computers currently available in Europe. That's important for the theory side of our work, where we need to develop calculation methods that can solve complex problems such as color, or strong interaction.

Die Forschungscommunitys – die sogenannte Hadronen-Physik, die die leichten Quarks untersucht, und die klassische Teilchenphysik, die eher auf die schweren Quarks schaut, – haben sich in den vergangenen Jahren relativ stark auseinanderentwickelt. Ein wichtiges Anliegen des Clusters ist es, diese Communitys wieder zusammenzubringen und wirklich gemeinsam daran zu arbeiten, neue Erkenntnisse zu gewinnen. Ich bin überzeugt, dass uns das im Verbund auch gelingen wird.

Dadurch, dass auch das Forschungszentrum Jülich mit im Boot ist, haben wir außerdem Zugang zu den leistungsstärksten Computern, die es aktuell in Europa gibt. Das ist für die Theorie-Seite wichtig, bei der wir Rechenmethoden entwickeln müssen, mit denen wir auch komplexe Probleme wie »Color« – also die starke Wechselwirkung – lösen können.

Welche Expertise bringt die Universität Siegen in den neuen Cluster ein?

Lenz An der Universität Siegen gibt es das »Center for Particle Physics Siegen«, das experimentelle und theoretische Gruppen unter einem Dach vereint. Im Bereich der experimentellen Teilchenphysik sind wir international ausgewiesen in der Top-Quark-Physik – also der experimentellen Untersuchung des Top-Quarks, das zur dritten und schwersten Quark-Generation gehört. Die Kolleginnen und Kollegen arbeiten dazu am ATLAS-Experiment, einem von vier großen Experimenten am Large Hadron Collider, dem größten Teilchenbeschleuniger der Welt am Genfer CERN. Im Rahmen des Exzellenzclusters möchten wir am ELSA-Beschleuniger in Bonn außerdem einen neuen Detektor zur Untersuchung der leichteren Quarks aufbauen. An der Universität Siegen wird dafür eine neue Professur geschaffen, die sich speziell mit der Entwicklung dieses Detektors beschäftigen wird.

Was die Theorie angeht, haben wir hier in Siegen die weltweit führende Gruppe, wenn es darum geht, das Bottom-Quark und das Charm-Quark theoretisch zu beschreiben. Dazu braucht es eigene mathematische Methoden. Und bei deren Entwicklung sind wir international tatsächlich an der Spitze. Wir werden außerdem eine neue Professur auf dem Gebiet »Computational Physics« besetzen, die versuchen wird, unsere mathematischen Probleme mit Künstlicher Intelligenz und maschinellem Lernen anzugehen, aber auch mit ganz neuartigen Rechenansätzen wie dem Quantencomputing. Letzteres spielt schon seit einigen Jahren eine wichtige Rolle in Siegen, die Arbeitsgruppe meines Kollegen Prof. Dr. Christof Wunderlich ist dazu als Kooperationspartner an einem weiteren Exzellenzcluster beteiligt.



Prof. Dr. Alexander Lenz

Foto/Photo Sascha Hüttenhain

What expertise does the University of Siegen contribute to the new cluster?

Lenz We have the Center for Particle Physics Siegen, which brings together experiment and theory groups under one roof. In the field of experimental particle physics, we're an international leader in top quark physics. This is the experimental study of top quarks in the third and heaviest generation. My colleagues here are working on the ATLAS Experiment, one of four major experiments using the Large Hadron Collider at CERN in Geneva, which is the world's largest particle accelerator. In the excellence cluster, we'd also like to set up a new detector at the ELSA accelerator in Bonn to examine the lighter quarks. The University of Siegen is already planning a new professorship specially dedicated to the development of this detector.

When it comes to theory, in Siegen we have the world's leading research group in the theory of bottom quarks and charm quarks. For this work, we need special mathematical methods. And our team is in fact at the forefront of worldwide development in this area. The university will also create a new professorship for computational physics. It will use AI and machine learning as well as completely new calculation methods such as quantum computing to solve our mathematical problems. Quantum computing has been an important focus in Siegen for a number of years. The research group headed by my colleague Prof. Dr. Christof Wunderlich is already a cooperation partner in a different excellence cluster in this field.

Wie ist es gelungen, die Siegener Teilchenphysik in Theorie und Experiment zu diesem Niveau hin aufzubauen?

Lenz Die Teilchenphysik hat in Siegen eine lange Tradition – schon seit der Gründung der damaligen Gesamthochschule im Jahr 1972 wurde hier an den elementaren Bausteinen der Materie geforscht. Auf diesem Fundament wurde später durch kluge Personalentscheidungen eine Gruppe aufgebaut, die genug Schlagkraft hatte, um auch großformatige Projekte einzuwerben. 2013 kam von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) der Zuschlag zur Forschungsgruppe »Quark Flavor Physics and Effective Field Theories«. Die Gruppe wurde bis 2019 gefördert, Sprecher war mein Kollege Prof. Dr. Thomas Mannel, und wir haben da schon eng mit den Kolleg*innen der TU Dortmund zusammengearbeitet, die nun auch im Cluster unsere Partner sind. An die Forschungsgruppe schloss sich die Beteiligung am Transregio-Sonderforschungsbereich »Phänomenologische Elementarteilchenphysik nach der Higgs-Entdeckung« an. Die Beteiligung am Exzellenzcluster ist für uns ein weiterer sensationeller Erfolg und so etwas wie der endgültige Ritterschlag für die Siegener Teilchenphysik.

Wie hoch schätzen Sie die Chance ein, dass Sie im Cluster tatsächlich einen Durchbruch schaffen und neue Erkenntnisse gewinnen können?

Lenz Ich kann zum jetzigen Zeitpunkt natürlich nicht genau sagen, was wir im Cluster erreichen werden – sonst wäre es keine Grundlagenforschung. Aber ich bin felsenfest davon überzeugt, dass wir zum Ende der ersten Förderperiode in sieben Jahren deutlich mehr wissen als jetzt. Wir haben jetzt schon Hinweise darauf, dass Theorie und Experiment in bestimmten Bereichen nicht ganz übereinstimmen. Und wir wissen im Prinzip sehr genau, wo wir ansetzen müssen, um das näher zu untersuchen. Was dabei herauskommt, wissen wir aktuell hingegen noch nicht: vielleicht einfach ein tieferes und präziseres Verständnis des Standardmodells – vielleicht aber auch etwas ganz Revolutionäres wie ein neues Teilchen oder eine neue Kraft.

Worauf freuen Sie sich mit Blick auf den neuen Cluster am meisten?

Lenz Ganz klar auf die Zusammenarbeit mit den Kolleginnen und Kollegen. Ich war schon in vielen Kollaborationen – und in keiner war das Arbeiten so angenehm wie im Exzellenzcluster. Zusammen so einen Antrag zu schreiben, ist eine echte Herausforderung und nicht einfach. Aber ich habe mich jedes Mal auf die Treffen gefreut, und wir hatten wirklich einen sehr positiven Vibe. Das darf man nicht unterschätzen: Für eine so enge und anspruchsvolle Zusammenarbeit muss es auch menschlich und persönlich passen – und das ist im Cluster zu 100 Prozent gegeben.

How did the team in Siegen develop particle physics in both practice and theory to this high level?

Lenz Well, Siegen has a long tradition in particle physics. Even in 1972, when what was then the General University was founded, researchers here were already working on the elementary building blocks of matter. Starting from this basis, the university was able to attract a pool of talent for a research group with enough capacity to bid for even large projects. In 2013 the Deutsche Forschungsgemeinschaft (German Research Foundation) agreed to fund the »Quark Flavor Physics and Effective Field Theories« research group. Funding continued until 2019. My colleague Prof. Dr. Thomas Mannel was the spokesperson of the research group, and we collaborated closely with the team at TU Dortmund University, which is now one of our partners in the new cluster. Next, the University of Siegen was involved in the trans-regional special research field »Phenomenological Elementary Particle Physics After the Higgs Discovery«. For us, participation in the excellence cluster is another sensational success. It's like the ultimate accolade for particle physics in Siegen.

How high do you rate the chances that the cluster will achieve a breakthrough and provide new understanding?

Lenz Well, of course, right now I can't say exactly what the outcome will be. It wouldn't be fundamental research if I could! But I'm firmly convinced we'll know a lot more than we do now by the end of the first funding period in seven years' time. We already have indications that theory and experimental findings in certain areas don't fully match up. And in principle we know exactly where to start looking into this discrepancy. We still don't know what we'll find in the end. Maybe simply a deeper and more precise understanding of the Standard Model. Or maybe something totally groundbreaking like a new particle or a new force.

What are you most looking forward to in the new cluster?

Lenz No question: Working together with the other colleagues. I've been involved in a whole lot of collaborations – and the working atmosphere has never been as good as in this cluster. Jointly compiling a bid wasn't easy. In fact, it was a real challenge, but I looked forward to every meeting. There was always a really positive vibe. That's something you shouldn't underestimate. For such a close and challenging cooperation as this, everything also has to harmonize on a personal level – and in this cluster that's one hundred percent the case.



Zukunft menschlich gestalten

Shaping a
Humane
Future

Foto / Photo Felix Höfer und Maximilian Wiesenbach



Die Universität Siegen ist eine interdisziplinär ausgerichtete Forschungsuniversität. Sie ist in der Region Südwestfalen fest verwurzelt und national wie international weit vernetzt. Mit ihrer Forschung und Lehre möchte sie zu einer Zukunft beitragen, die am Menschen ausgerichtet und von Verantwortung für die Gesellschaft geprägt ist. Dies drückt sich in der Leitidee der Universität Siegen aus: Zukunft menschlich gestalten.

The University of Siegen is a young, modern institute of higher education located centrally in the area bordering the three German federal states of Hesse, North Rhine-Westphalia, and Rhineland-Palatinate. The overall goal of the University of Siegen is to contribute to a humane future and to take responsibility for people and society. This is reflected in the guiding principle of the University of Siegen: Shaping a Humane Future.

1

Exzellenzcluster
Cluster of excellence
Color meets Flavor

2

Graduiertenkollegs
Research Training Groups
Folgen sozialer Hilfen
Consequences of Social Services Work
Circular E-Cars (in Kooperation)
Circular E-Cars (in cooperation)

3

Sonderforschungsbereiche
Collaborative Research Centers
SFB 1472
Transformationen des Populären
Transformations of the Popular
SFB 1187
Medien der Kooperation
Media of Cooperation
SFB/TRR 257
Phänomenologische Elementarteilchenphysik
nach der Higgs-Entdeckung
Particle Physics Phenomenology after the
Higgs Discovery

Forschung
Research

Profilbereiche Profile Areas

- Medien, Daten, Sprache: Potenziale von Kooperationen**
Media, Data, Language: The Potential of Cooperation
- Konfliktpotenziale und Dynamiken öffentlicher Aushandlung**
Conflict Dynamics and Public Negotiation Processes
- Gesellschaftliche Ungleichheit und Teilhabe**
Social Inequality and Participation
- Materie und Quantensysteme**
Matter and Quantum Systems
- Neue Materialien, Sensorik und Künstliche Intelligenz**
New Materials, Sensor Technology, and Artificial Intelligence
- Gestaltung digitaler Transformation**
Shaping Digital Transformation
- Smarte Produkte und Produktionssysteme**
Smart Products and Production Systems

Nachwuchsförderung

Support for young talents

Einblicke Universität Siegen

Welcome Center

Das Welcome Center bietet internationalen Forschenden (Promovierenden, Postdocs sowie Professorinnen und Professoren) Beratung, Betreuung und Unterstützung bei allen organisatorischen Fragen zum Aufenthalt in Siegen an.

The Welcome Center offers international researchers (doctoral candidates, postdocs, and professors) advice, support, and assistance with all organizational questions regarding their stay in Siegen.

📍 www.uni-siegen.de/start/international/

Hochschulinterne
Nachwuchspreise
Awards for junior
academics

Women
Career Service

Forscher-Alumni-Programm Research alumni program

Das Programm Forscher-Alumni fördert internationale Forschungszusammenarbeit an der Universität Siegen. Der akademische Austausch von Gastwissenschaftler*innen und deren Gastgeber*innen wird gezielt gestärkt und dauerhafte Vernetzung ermöglicht.

The Research Alumni program supports international research cooperations at the University of Siegen. It strengthens the academic exchange between guest scientists and their hosts and enables sustained networking.

📍 www.research.alumni.uni-siegen.de

Frauenspezifisches
Mentoring Siegen
Mentoring
program for female
scientists

House of
Young Talents

COFUND-Programm STAR

Eine internationale Ausbildung und wissenschaftlichen Austausch bietet das COFUND-Programm »STAR: Sensing and Sensibility – Transcending Disciplines for a Responsible Future« an der Universität Siegen. Das Postdoc-Programm ist ein Trainings- und Mobilitätsprogramm und unterstützt Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler dabei, ihre Forschungen in einem inspirierenden und produktiven Umfeld umzusetzen, weiterzuentwickeln und global zu vernetzen. STAR wird seit 2020 im Rahmen der Marie-Sklódowska-Curie-Maßnahmen der EU an der Universität Siegen gefördert und ist im Referat Forschungsförderung der Universität Siegen angesiedelt. Weitere Informationen, Unterstützung und Beratung:

The COFUND program »STAR: Sensing and Sensibility – Transcending Disciplines for a Responsible Future« at the University of Siegen offers international study and scientific exchange. The postdoc program is a training and mobility program that supports young scientists. It offers them an inspiring and productive environment where they can work on their research, further develop it, and build a global network. The EU program Marie Skłodowska-Curie Actions has been funding STAR at the University of Siegen since 2020. The project is integrated into the university's Research Support Office. For more information, support, and advice, go to

📍 <https://star.uni-siegen.de/>

📍 <https://forschung.uni-siegen.de/>

Insights into the University of Siegen



Foto / Photo Hanna Witte



Nora Ratmann

ist Chefredakteurin des Forschungsmagazins *future*. Sie arbeitet als Online-Redakteurin in der Pressestelle der Universität Siegen. Vorher war sie unter anderem als Wissenschaftsredakteurin in der Pressestelle der Universität Bielefeld und als Pressesprecherin beim Fußballbundesligisten Sport-Club Freiburg tätig.

is editor-in-chief of the research magazine *future*. She works as an online editor at the Press Office of the University of Siegen. Previously, she worked as a science editor at the Press Office of Bielefeld University and as a press spokeswoman for the first division football club Sport-Club Freiburg.

Foto/Photo Dirk Manderbach



Tanja Hoffmann

ist Redakteurin in der Pressestelle der Universität Siegen und stellvertretende Pressesprecherin. Vorher hat sie unter anderem als Redakteurin bei Radio Siegen und Radio Bielefeld gearbeitet.

is an editor and deputy press spokeswoman at the Press Office of the University of Siegen. Before that she worked as an editor for Radio Siegen and Radio Bielefeld.

Foto/Photo Dirk Manderbach



Claudia Irle-Utsch

ist freie Journalistin mit langjähriger Erfahrung als Redakteurin einer Tageszeitung. Sie arbeitet in Siegen-Wittgenstein sowie bundesweit für Zeitungen, Magazine und Agenturen. Schwerpunkte ihrer Tätigkeit sind Kultur, Wissenschaft und politisch-gesellschaftliche Themen.

is a freelance journalist with many years of experience as the editor of a daily newspaper. She works in Siegen-Wittgenstein as well as across Germany for newspapers, magazines, and agencies. She specializes in culture and science and political and social topics.

Foto/Photo Marie Heuzeroth



Tim Schröder

arbeitet als Wissenschaftsjournalist in Oldenburg. Der Biologe schreibt seit vielen Jahren für die »Süddeutsche Zeitung« und Magazine wie »Mare« oder »GEO«. Außerdem textet er für Firmen und Forschungseinrichtungen wie die Fraunhofer-Gesellschaft und die Max-Planck-Gesellschaft.

works as a scientific journalist in Oldenburg. He has a degree in biology and has for many years been a contributor to the »Süddeutsche Zeitung« and magazines such as »Mare« or »GEO«. He also writes copy for companies and research institutes such as the Fraunhofer Gesellschaft and the Max Planck Society.

Foto/Photo Heiner Manderbach



Maria Berentzen

aus Leer (Ostfriesland) ist Wissenschaftsjournalistin und arbeitet als freie Autorin für *future*. Daneben veröffentlicht sie unter anderem für das Wissenschaftsressort der dpa und für »Spiegel Online«.

from Leer (Eastern Frisia) is a science journalist and freelance author for *future*. She also writes for the science department of dpa and publications such as »Spiegel Online«.

Foto/Photo Ole Cordsen



Frank Frick

lebt als freier Wissenschaftsjournalist und Redakteur in Bornheim bei Bonn. Der promovierte Chemiker schreibt als freier Autor für das Forschungsmagazin der Universität Siegen und außerdem für Zeitschriften wie »bild der wissenschaft«, Forschungseinrichtungen und Unternehmen.

holds a PhD in Chemistry and writes for the research magazine of the University of Siegen and for magazines such as »bild der wissenschaft«, as well as for research institutions and businesses.

Foto/Photo Dirk Manderbach

Herausgeber / Publisher

Universität Siegen
Adolf-Reichwein-Straße 2a
57076 Siegen

Die Universität Siegen ist eine vom Land Nordrhein-Westfalen getragene, rechtsfähige Körperschaft des öffentlichen Rechts, vertreten durch die Rektorin Prof. Dr. Stefanie Reese.

The University of Siegen is a corporation constituted under public law as an organization of the Federal State of North Rhine-Westphalia and is represented by the Rector, Prof. Dr. Stefanie Reese.

Redaktionsleitung / Editor-in-chief

Nora Ratmann
V. i. S. d. P. / responsible according to German press law:
André Zeppenfeld

Adresse / Address

Adolf-Reichwein-Straße 2a
57076 Siegen
T +49 271 740-4860
presse@uni-siegen.de

Layout und Illustrationen / Layout and illustrations

STEILAUFWAERTS GmbH & Co. KG
Design- und Digitalagentur, Siegen
steilaufwaerts.de

Fotografie / Photographs

SASCHA HÜTTENHAIN
huettenhain.com

VIKTORIA PEZZEI

viktoriapezzei.com

Übersetzungen / Translations

dialog translations

Korrektur / Proofreading

kiwitext Übersetzungen + Lektorat, Patricia Piermaier

Druck / Printed by

Buch- und Offsetdruckerei
H. Heenemann GmbH & Co. KG, Berlin

Designkonzept / Design concept

NORDSONNE IDENTITY GmbH, Berlin
nordsonne.de

Auflage / No. of copies

3.500 / 3,500

Papier / Paper

Magno Matt



Zuständige Aufsichtsbehörde /
Responsible supervisory authority

**Ministerium für Kultur und Wissenschaft
des Landes Nordrhein-Westfalen**
Ministry of Culture and Science of the State
of North Rhine-Westphalia

Umsatzsteuer-Identifikationsnummer gemäß
§ 27 a Umsatzsteuergesetz / ATID in accordance
with § 27 a German VAT Act (UStG)

DE 154854171

© 2026 Universität Siegen / University of Siegen
🌐 www.uni-siegen.de/forschungsmagazin-future

Social Media

facebook.com/unisiegen

instagram.com/unisiegen

youtube.com/UniversitaetSiegen

linkedin.com/school/unisiegen

Anfragen für ein kostenfreies Abo
Requests for a free subscription

future@presse.uni-siegen.de

future

www.uni-siegen.de/forschungsmagazin-future

Zukunft menschlich gestalten
Shaping a Humane Future