

DAS EWIGE WARUM



Grundlagenforschung ist auf den Gewinn von Erkenntnis ausgerichtet. Es geht darum, die Welt zu verstehen. Auf den ersten Blick ist der wirtschaftliche Nutzen nicht erkennbar – aber nur auf den ersten.

In der Grundlagenforschung ist das Warum die wichtigste Frage. Warum funktioniert unsere Welt, wie sie funktioniert? Warum leitet dieses Material Strom und das andere nicht? Wie kann ich Punkte miteinander verbinden, ohne Kreuzungen entstehen zu lassen? Die Grundlagenforschung beschäftigt sich mit der Basis aller Dinge, erklärt, entdeckt und legt offen. Damit ist sie auch die Basis aller Anwendungen und Erfindungen. Nur wer die Grundlagen versteht, kann auf ihnen aufbauen. Wäre etwa die Elektrizität nicht erforscht worden, gäbe es unsere Gesellschaft, wie sie heute existiert, nicht, gäbe es keine Computer, kein Licht, keine elektrischen Maschinen.

Was die meisten Grundlagenforschenden vereint, ist ihre Neugierde. „Manches ist einfach interessant“, heißt es oft. TU Graz research hat mit einigen Forschenden an der TU Graz gesprochen und ein Mosaik der Grundlagenforschung zusammengestellt.

KARIN ZOJER

„Grundlagenforschung bedeutet für mich die Freiheit, Fragen finden, stellen und ihnen nachgehen zu können, die sich aus der aktuellen Wissenslage ergeben, ohne dass mögliche Antworten eine Anwendungsperspektive liefern müssen. So können sich neue Fragestellungen stets anknüpfen: Selbst beim Scheitern kluger Ideen bleibt uns die Herausforderung, denn die nächste Frage steht schon bereit: Warum?“

Festkörperphysikerin Karin Zojer beschäftigt sich in erster Linie mit Transportvorgängen in Festkörpern. Sie untersucht, wie Partikel oder elektrische Ladungen durch bestimmte Materialien fließen können oder wie diese Materialien den Fluss verhindern. Der Sonderfall, den Karin Zojer im Blick hat, sind die ungeordneten Materialien. Bei geordneten Materialien ist es ausreichend, sich einen Ausschnitt anzuse-

hen, um Aussagen über das gesamte Material treffen zu können. Für ungeordnete Materialien mussten neue Konzepte entwickelt werden. In ihrem CD-Labor für Stofftransport durch Papier beschäftigte sich die Forscherin gemeinsam mit dem Unternehmen MONDI in den vergangenen sechs Jahren mit dem Material Papier, untersuchte die Struktur und wie Papier mit Flüssigkeiten und Gasen interagiert. „Papier ist ein unheimlich interessantes Material. Es besteht aus einer Mischung aus Fasern und Luft, deren Verhältnis die Transporteigenschaften beeinflusst“, erklärt die Forscherin. Ziel des Labors: die Transportvorgänge selbst und deren Effizienz abhängig vom jeweiligen Papier und Stoff vorhersagen zu können. „Wir können heute tatsächlich vorhersagen, wie bestimmte Gase durch Papier hindurch diffundieren“, freut sich Zojer. Relevant wird das in weiterer Folge vor allem für die Herstellung von Lebensmittelverpackungen: „Ich möchte ja, dass der Zimtgeschmack meiner Zimtschnecke im Gebäck bleibt und nicht ins Verpackungsmaterial übergeht.“





ANNETTE MÜTZE

„Für mich als Ingenieurin ist Grundlagenforschung, wenn ich eine elektrische Maschine als Spielwiese für Neuentwicklungen in den Materialwissenschaften, der Mathematik oder anderen Bereichen nutze. Wenn ich mit den verschiedenen Parametern herumzuspielen beginne und auf einmal sehr interessante Dinge passieren, ohne dabei sofort die Frage nach der industriellen Umsetzung stellen zu müssen.“

Die Vorhersage der Papiereigenschaften geschieht durch mathematische Methoden, die die Hohlräume im Papier, deren Verbindungen, die dadurch entstehenden Wege zwischen Ober- und Unterseite des Papiers und dessen Faseroberfläche berücksichtigen. Alle diese Faktoren beeinflussen, wie sich ein Molekül durch das Material bewegt.

Für Zojer hören die Fragen in der Grundlagenforschung nie auf. „Aus der Antwort auf die eine Frage ergeben sich immer neue Fragen. Die Inspiration hört nie auf. Das ist auch der Grund, warum wir Forscher*innen unseren Beruf lieben.“

Karin Zojer im Podcast-Interview.

CD-LABS AN DER TU GRAZ

Mit den Christian Doppler Labors fördert die CDG (Christian Doppler Forschungsgesellschaft) anwendungsorientierte Grundlagenforschung, die gemeinsam mit einem Unternehmen aus Wirtschaft oder Industrie betrieben wird. Die Labors laufen maximal sieben Jahre und unterlaufen einer strengen wissenschaftlichen Qualitätskontrolle. Gefördert werden die Labors gemeinsam von der CDG und den beteiligten Unternehmen.

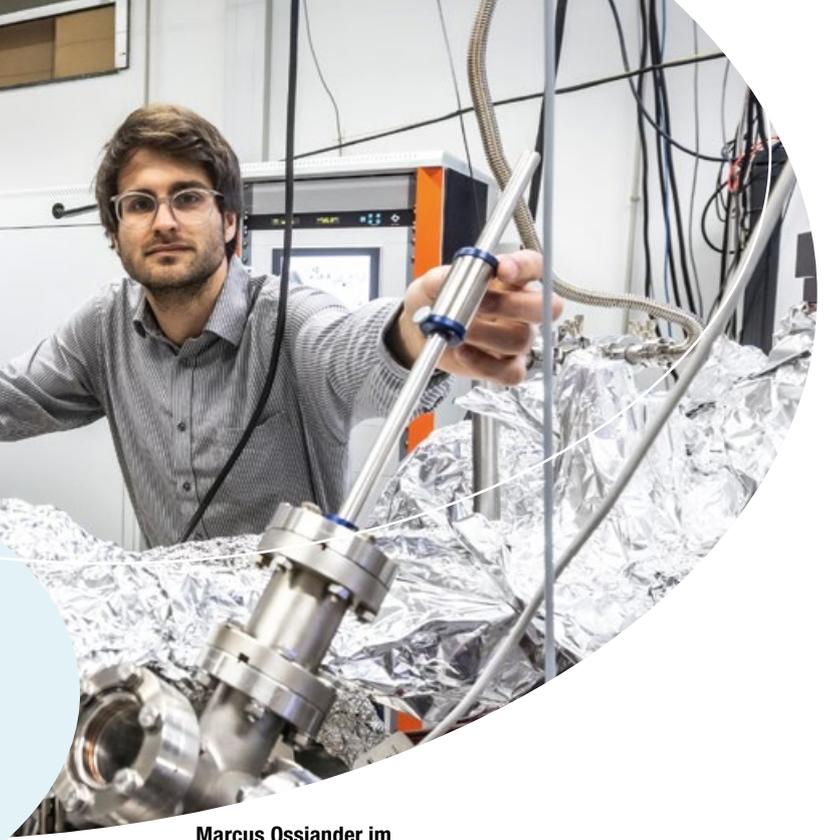
An der TU Graz sind aktuell 14 CD-Labors aktiv.

Annette Mütze startete 2016 (sieben Jahre plus ein Jahr Auslaufphase) das CD-Labor für Bürstenlose Antriebe für Pumpen- und Lüfteranwendungen. Ziel des Labors war es, Methoden zur Auslegung kleiner Hilfsmotoren zu entwickeln, deren Wirkungsgrad, Drehzahl- und Drehmomentendichte deutlich über den damals realisierten Werten lag. „Für größere Antriebe gab es bereits viele Methoden, wir haben uns auf die vielen kleinen Motoren spezialisiert, die ebenfalls ein großes Volumen haben“, erklärt Mütze. „Wir haben uns aber auf die Grundlagenforschung fokussiert und kein großes, allumfassendes Simulationsprogramm gebaut.“ Vielmehr haben die Forschenden einzelne Elemente eines möglichen modular aufgebauten Simulationskonzepts erforscht. „Wir haben uns zum Beispiel PCB(Printed Circuit Board)-Motoren angesehen, eine völlig neue Regelungstechnik für einphasige Kleinstmotoren entwickelt und eine neue Motortopologie mit extrem niedriger Geräuschentwicklung erfunden. Das war zu Beginn des Labors so nicht absehbar.“

Am Konzept der CD-Labors liebt die Forscherin, forschen zu können, ohne an wirtschaftliche Umsetzungen denken zu müssen. Und dass mehrere Nachwuchsforschende zwar an unterschiedlichen Forschungsthemen, aber am gleichen Themenbereich arbeiten können. So sind Ideenaustausch und eine interdisziplinäre Zusammenarbeit möglich, die ansonsten in Industrieprojekten oft nicht umgesetzt werden kann. >

MARCUS OSSIANDER

„Für mich ist Grundlagenforschung, in weltweiter Zusammenarbeit eine gemeinsame Sprache zur Beschreibung von Mensch und Natur zu schaffen, um allgemeingültige Zusammenhänge zu erkennen und zu verstehen. Wir versuchen zum Beispiel, durch die Beobachtung der ultraschnellen Kopplung von Licht und Elektronen in Halbleitern vorherzusagen, wie man schnelle Prozessoren und effiziente Solarzellen herstellen kann.“



Marcus Ossiander im Podcast-Interview.

Gemeinsam mit der Kunst und den angewandten Wissenschaften schafft die Grundlagenforschung die Basis dafür, sich als Menschheit weiterzuentwickeln und aufkommende Probleme technologisch zu lösen, anstatt ihnen mit Verzicht und Strafe entgegenzuwirken, sagt Marcus Ossiander. Selbst hat er sich in seiner Arbeit genau deshalb der Grundlagenforschung verschrieben und forscht an den kürzesten Zeiteinheiten, die wir uns nicht einmal mehr vorstellen können. 2023 wechselte der Physiker an die TU Graz – mit einem START-Preis des FWF und einem ERC Starting Grant des European Research Council im Gepäck. Sein Forschungsbereich ist die Nanooptik. Mit den beiden hoch dotierten Forschungspreisen arbeitet er an einer neuartigen Optik, die ultrakurze chemische Reaktionen messen kann. Und ultrakurz bedeutet ultrakurz: Seine Zeiteinheit sind die Attosekunden, also das

Milliardstel einer Milliardstelsekunde oder in Zahlen ausgedrückt 0,000 000 000 000 001 Sekunden. „Wir können damit untersuchen, was zum Beispiel in den ersten Attosekunden passiert, wenn Licht auf eine Solarzelle trifft, wie Katalyse und andere chemische Reaktionen verbessert werden können, oder sogar berechnen, wie schnell digitale Kommunikation im optimalsten Fall werden kann.“

ROBERT PEHARZ

„Grundlagenforschung ist wichtig, um Weitsicht in der Gesellschaft und Forschung zu sichern und um unbekanntes Terrain in unserem Wissensschatz zu erschließen.“

Weil es viele wichtige Anwendungsgebiete gar nicht gäbe, hätten Forscher*innen vor hunderten oder tausenden Jahren nicht die Grundlagen dafür gelegt, liegt Robert Peharz die Grundlagenforschung so am Herzen. „Ich forsche gerne an den Grundlagen, weil sie mich auf unbekanntes Terrain führen und gleichzeitig einen tiefen Einblick in unsere Welt geben.“

Er selbst beschäftigt sich mit den Zusammenhängen zwischen Wahrscheinlichkeit und künstlicher Intelligenz. Es geht dabei vor allem darum, unter Unsicherheit – der unsere Welt nun einmal unterliegt – trotzdem gültige Schlussfolgerungen ziehen zu können. „Die Regeln für Schlussfolgerungen sind sehr starr. Aber unsere Welt ist es nicht – sie ist unsicher, zufällig. Man hat selten alle Informationen. Aber auch in dieser Welt muss eine künstliche Intelligenz konsistente Schlussfolgerungen ziehen“, erklärt der Forscher. Und das müsse auch gelten, wenn unterschiedliche Systeme mit unterschiedlichen, gültigen Schlussfolgerungsmechanismen am gleichen Problem arbeiten. Dafür braucht es die Wahrscheinlichkeit.

Robert Peharz ist mit seiner Arbeit auch am Cluster of Excellence beteiligt, den die JKU Linz leitet und an dem die TU Graz beteiligt ist.

CLUSTER OF EXCELLENCE

Der Cluster of Excellence „Bilateral AI“ wird von der JKU Linz geleitet – von der TU Graz ist ein Team von sechs Wissenschaftler*innen rund um Robert Legenstein, Leiter des Instituts für Grundlagen der Informationsverarbeitung, beteiligt. Gemeinsam will man eine neue KI-Ebene gestalten, die über alle bisherigen Systeme hinausgeht. Sie soll aus rohen Daten lernen, das Lernen mit gesicherten Fakten verbinden und eigene logische Schlussfolgerungen ziehen. Sie wäre damit mit umfassenden kognitiven Fähigkeiten ausgestattet und könnte im engsten Sinne auch selbst kreativ tätig sein und Neues erschaffen. Die Forschenden an der TU Graz bringen vor allem ihr Wissen aus den Bereichen symbolische und subsymbolische KI mit ein. Das Fördervolumen der einzelnen Cluster setzt sich aus einem 60-Prozent-Anteil des Wissenschaftsfonds FWF und einem 40-Prozent-Anteil an Eigenmitteln der beteiligten Forschungsstätten zusammen. Insgesamt stellt der FWF 37,7 Millionen Euro für die ersten fünf Jahre zur Verfügung.

**Anna Galler im
Podcast-Interview.**

ANNA GALLER

„Für mich bedeutet Grundlagenforschung, aus Neugier wissenschaftlichen Fragestellungen und Ideen nachzugehen, die zwar nicht unmittelbar praktisch anwendbar sind, jedoch langfristig zur technologischen Entwicklung beitragen können.“

Als theoretische Physikerin und Materialwissenschaftlerin ist die Grundlagenforschung Anna Gallers Tagesgeschäft. Sie beschäftigt sich mit Theoriebildung, gestaltet mathematische Methoden zur Beschreibung von beobachteten Phänomenen und entwickelt Simulationsmethoden, um neue Materialien zu testen. In ihrem gerade gestarteten FWF-Projekt untersucht sie 2D-Materialien – im Speziellen 1T-Tantal-Diselenid. Experimente legen nahe, dass dieses Material eine Spinflüssigkeit ist, sich also die Spins der Elektronen auch bei tiefsten Temperaturen weiter bewegen und nicht parallel ausrichten. Dies hat möglicherweise Auswirkungen auf die Entwicklung von Hochtemperatur-Supraleitern, ist aber vor allem von grundlegendem Interesse in der Festkörperphysik. „Ich möchte nun eine belastbare Theorie dazu entwickeln und mir auch die Wechselwirkung des Materials mit Licht ansehen“, erklärt die Forscherin. „Schießt man zum Beispiel mit einem sehr starken Laser auf einen Festkörper, dann formen Licht und Materie gemeinsam ein stark gekoppeltes System – das Licht verändert also das Material. Ich möchte herausfinden, ob wir mit Licht die Eigenschaften des Materials kontrollieren und beeinflussen können.“

OSWIN AICHHOLZER

„Jede Forschung braucht ein solides Fundament – die Grundlagenforschung.“

Für Oswin Aichholzer ist Grundlagenforschung die Basis jeder Erkenntnis und jedes Fortschritts: „Ich will herausfinden, wie die Welt bis ins kleinste Detail, aber auch im großen Ganzen funktioniert“, erklärt er. „Meine Forschung ist von reinem Interesse geleitet und will allgemeingültige Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten aufspüren.“ Er ist mit seinem Team grundlegenden

mathematischen Regeln auf der Spur, die er beschreibt, modelliert und für Computer verständlich macht. Dabei geht es um geometrische Algorithmen, etwa wie eine bestimmte Menge an Punkten, für die es eine bestimmte Anzahl an Anordnungsmöglichkeiten gibt, so miteinander verbunden werden kann, dass jeder Punkt mit jedem anderen über gerade Linien verbunden ist und es möglichst wenige Kreuzungen der Linien gibt. Dieses einfach anmutende Problem ist für einen Computer mit sehr hohem Rechenaufwand verbunden – vor allem, wenn neue Punkte hinzukommen. „Und vor allem, wenn neue Arten von Linien – wie Kurven – erlaubt sind, dann wird es äußerst komplex.“ Auf den ersten Blick sind wenige Anwendungsmöglichkeiten für solche und ähnliche Forschungserkenntnisse zu sehen. Aber auf Basis von Aichholzers Arbeiten konnten andere Forschende zum Beispiel neue Methoden entwickeln, um Stents, mit denen Blutgefäße geweitet werden, zu falten oder um den Wasserabfluss in einer bestimmten Landschaft nach Regenfällen zu modellieren.

„Aufbauend auf den Erkenntnissen oft mehrerer Jahrzehnte entstehen aus unserer Forschung neue Technologien, konkrete Anwendungen und Innovationen. Grundlagenforschung ist zeitlos und weitestgehend frei von vorübergehenden Modeerscheinungen. Die gewonnenen Erkenntnisse bleiben nachhaltig gültig – das hat etwas sehr Beruhigendes, gerade in unserer heutigen schnelllebigen Welt.“ ■

Die TU Graz fördert mit dem neuen TU Graz-Leadprojekt disziplinübergreifende Grundlagenforschung. Worum es in diesem Leadprojekt geht, erfahren Sie auf den nächsten Seiten. Und Sie lernen mit Daniel Kracher einen Forscher kennen, der im Leadprojekt tätig ist.

**Robert Peharz über
künstliche Intelligenz.**

