



CLIMATE ENVIRONMENT RESOURCES

Das KIT-ZENTRUM Klima, Umwelt und Ressourcen CLEAR

Forschung für eine lebenswerte Zukunft





Das Leben auf der Erde braucht eine intakte Umwelt, in der die essenziellen Ressourcen Wasser, Luft, Energie, Rohstoffe und Nahrung verfügbar und von guter Qualität sind. Gerade in einer Zeit, in der sich Klimawandel, Bevölkerungswachstum sowie technischer und ökonomischer Fortschritt immer stärker auswirken.

Foto: G. Zachmann, KIT

Klima- und Umweltwandel sowie gesellschaftliche, technische und ökonomische Entwicklungen wirken sich so einschneidend wie nie zuvor auf das Erdsystem Boden, Wasser, Atmosphäre und Untergrund und damit auf Ökosysteme und die Lebensgrundlagen des Menschen aus. Demografische, technische und ökonomische Entwicklungen wirken sich auf Verfügbarkeit und Güte wichtiger Ressourcen wie Luft, Wasser, Nahrung, Energie und Rohstoffe aus. Dadurch werden Staaten und Gesellschaften verletzlich. Dies zeigt: Die Forschung steht vor großen, neuen Herausforderungen.

KIT-Zentrum Klima, Umwelt und Ressourcen: Mission und Strategie

Unsere Mission: Klima und Umwelt erforschen, Lösungen entwickeln

Das KIT-Zentrum Klima, Umwelt und Ressourcen (CLEAR) erarbeitet Grundlagen- und Anwendungswissen zum Klima- und Umweltwandel sowie den

Rohstoffen. Es entwickelt daraus Konzepte sowie naturbasierte und technologische Lösungen zur Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen und Gestaltung des Lebensraums.

Unsere Vision: Für eine lebenswerte Umwelt

Das KIT-Zentrum Klima, Umwelt und Ressourcen (CLEAR) bietet seit seiner Gründung am 1.1.2009 mit ca. 700 Wissenschaftlern aus 30 Instituten breit gefächerte Expertise in den naturwissenschaftlichen, technischen und gesellschaftswissenschaftlichen Disziplinen. Wir entwickeln in fachübergreifender Vernetzung ein Zentrum herausgehobener internationaler Sichtbarkeit. Dabei betrachten wir sowohl die Ursachen von Umweltproblemen, als auch die Anpassung an veränderte Verhältnisse.

Unsere Werte:

Respektvoller Diskurs, um verantwortungsbewusst Forschung voranzutreiben

Wissensdreieck

KIT setzt auf die Kombination von Forschung – Lehre – Innovation. Die Nähe zur Spitzenforschung macht ein Studium am KIT höchst attraktiv. Im Sinne der Forschungsstrategie der Europäischen Union nutzt das KIT sein Innovationspotenzial als Kooperationspartner der Wirtschaft. So münden exzellente Forschungsergebnisse zeitnah in marktfähige Produkte.





Unter anderem mit dem deutschen Höhenforschungsflugzeug HALO (<https://halo-research.de/>) untersuchen Forschende des KIT die Dynamik und die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre sowie die Eigenschaften von Aerosolen und Wolken.

Foto: A. Behrendt, KIT

Ohne die Atmosphäre wäre kein Leben auf der Erde möglich. Die im Vergleich zur Erde hauchdünne Gasschicht enthält das Kohlendioxid für die Photosynthese der Pflanzen und den Sauerstoff für die Atmung. Sie verteilt Frischwasser und Wärme und schützt das Leben vor radioaktiver Strahlung aus dem All sowie vor der UV-Strahlung der Sonne. Ihre Eigenschaften bestimmen Wetter und Klima.

Durch den Ausstoß von Schadstoffen und Treibhausgasen verändert der Mensch maßgeblich die Zusammensetzung der Atmosphäre – mit weitreichenden Folgen für das Klimageschehen, die Wasserverfügbarkeit und -qualität, die Ökosysteme und die Gesundheit des Menschen. Um die oft schleichenden Veränderungen rechtzeitig zu erkennen, überwachen die Forscher im Topic Atmosphäre des KIT-Zentrums CLEAR die atmosphärische Zusammensetzung in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung. An mobilen und festen Messstationen bestimmen sie vor allem die Konzentration

von Kohlendioxid und anderen bedeutenden Spurengasen sowie von Aerosolen.

Ergänzt werden die Messungen durch Prozessstudien im Labor und im Feld. Sie helfen, grundlegende atmosphärische Prozesse wie die Bildung von Wolken oder Niederschlägen im Detail zu untersuchen und besser zu verstehen. Dabei kommen komplexe Systeme, wie das mobile Observatorium KITcube, die Simulationskammer AIDA oder das TERENO Observatorium Pre-Alpine zum Einsatz.

Die Daten aus Messkampagnen und Laborstudien werden in Computernmodellen zusammengeführt und können dann umfassend analysiert werden. Modellsysteme wie ICON-ART ermöglichen es, die Auswirkungen globaler Veränderungen auf regionaler Skala zu konkretisieren. Dies bildet auch die Grundlage für verbesserte Vorhersagen und Risikobetrachtungen, etwa für Unwetterwarnungen oder langfristige Prognosen der Klimaveränderungen.



In der Simulationskammer AIDA können atmosphärische Bedingungen erzeugt werden um Prozesse z. B. der Wolkenbildung zu untersuchen.

Foto: M. Breig, KIT



Wasserstraßen sind eine wichtige Verkehrsinfrastruktur, gleichzeitig transportieren sie Sedimente und (Schad)Stoffe und stellen selbst ein Ökosystem dar.

Foto: M. Breig, KIT

Wasser ist eine unverzichtbare Grundlage für alles Leben auf der Erde. Und es ist eine gefährdete Ressource. Die steigende Nachfrage einer wachsenden Weltbevölkerung, der Klimawandel oder chemische und mikrobiologische Verunreinigungen gefährden Verfügbarkeit und Qualität des Wassers in vielen Regionen der Welt. Die Wasserforschung am KIT hat sich zum Ziel gesetzt, Lösungsstrategien für diese Herausforderungen zu entwickeln und innovative Technologien für deren Transfer in die Praxis bereitzustellen.

Das Topic Wasser bündelt Kompetenzen aus den Natur-, Ingenieur- und Gesellschaftswissenschaften bis hin zur Technikfolgenabschätzung und deckt damit nahezu die gesamte Bandbreite der Wasserforschung ab. Die beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersuchen Wasser- und Stoffkreisläufe in allen Umweltkompartimenten, also in den Oberflächengewässern und Aquiferen, in der Bodenzone und der Atmosphäre.

Ein zentrale Forschungsfeld ist die Sicherung der Wasserressourcen und der aquatischen Ökosysteme. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler entwickeln hochempfindliche Analytik, um Schadstoffe aufzuspüren, untersuchen deren Wirkung auf die Umwelt und sie suchen nach technologischen Wegen, um diese aus dem Abwasser und anderen Rohwässern zu entfernen. Des Weiteren entwickeln sie Konzepte, um die Wasserinfrastruktur an veränderte Umweltbedingungen und Nutzungsansprüche anzupassen, insbesondere in verdichteten urbanen Räumen und ariden Gebieten. Ein zweites zentrales Forschungsfeld ist das bessere Verständnis wie Wasser Flüsse und Landschaft formt, so dass Wasserinfrastruktur, Renaturierungen und landwirtschaftliches Nutzen besser geplant werden können.

Immer im Blickfeld der Forschenden ist die Frage, welche Auswirkungen der globale Wandel auf den Wasserkreislauf und die -infrastruktur hat und welche Anpassungen nötig sind, um eventuelle Schäden zu mindern. In diesem Kontext entstehen

aus der Zusammenführung der unterschiedlichen Expertise skalenübergreifende Lösungen.



Drohnenaufnahme des Oberlaufs der Passauna Stauhaltung in Curitiba, Brasilien nach einem Starkregenereignis. Foto: T. Bleninger, UFPR



Die Suche nach neuen Lagestätten führt die KIT-Forscherinnen und –Forscher an entlegen Orte.

Foto: J. Kolb, KIT

Georessourcen, wie Boden, Wasser und der tiefe Untergrund stellen überall auf der Welt eine unverzichtbare Lebensgrundlage für den Menschen dar. Sie liefern nicht nur Rohstoffe, sondern beeinflussen als Quelle und Senke zahlreicher umwelt- und klimarelevanter Stoffe unmittelbar unsere gegenwärtigen und zukünftigen Lebensbedingungen.

Wie können die Georessourcen verantwortlich und nachhaltig genutzt werden, damit auch nachfolgende Generationen ihren Bedarf daran decken können? Angesichts der stetig wachsenden Weltbevölkerung und der drohenden Übernutzung der Ressourcen wird heute dringender denn je nach Antworten auf diese Frage gesucht – auch am KIT-Zentrum CLEAR.

Im Topic Georessourcen untersuchen Forscherinnen und Forscher aus natur-, ingenieur- und sozialwissenschaftlichen Disziplinen die komplexen Stoffumsatz- und Transportprozesse im Untergrund, vom

molekularen Maßstab bis zum globalen Ansatz. Welche Stoffe werden abgebaut oder umgewandelt? Welche im Gestein gebunden? Ein umfassendes Verständnis dieser Prozesse ist für eine verantwortungsvolle Nutzung der Georessourcen unerlässlich, etwa wenn es um die Deponierung von radioaktiven oder chemischen Abfällen geht, die unterirdische Speicherung von Wasserstoff oder des Treibhausgases CO₂ oder um die Entwicklung von Sanierungskonzepten.

Die Wissenschaftler erstellen analytische und numerische Modelle, um die Dynamik der Transport- und Transformationsprozesse im Untergrund möglichst realistisch abzubilden. Dabei sollen auch die Auswirkungen veränderter Klima- und Umweltbedingungen berücksichtigt werden, da diese sich dramatisch auf die globalen Stoffflüsse auswirken können.

Nicht zuletzt beschäftigt sich die Georessourcenforschung am KIT mit der Entwicklung von innovativen Technologien für die Erkundung und Bewertung unterirdischer Lager sowie von Überwachungstechniken für die langfristige Kontrolle unterirdischer Anlagen.



*Monazit aus Mozambique, wichtiger Baustein für die Produktion seltener Erden.
Foto: M. Balzer, KIT*



Ökosysteme sind die Grundlage
menschlicher Gesellschaften

Foto: KIT

Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen stehen in einem ständigen Wechselspiel miteinander und mit ihrer Umwelt: Boden, Gestein, Wasser und Atmosphäre. Diese Beziehungsgeflechte sind von enormer Komplexität und in vielen Details noch nicht entschlüsselt. Eines aber ist gewiss: Ohne die regulierenden Funktionen und Interaktionen wäre Leben auf der Erde in seiner heutigen Vielfalt und Fülle nicht denkbar.

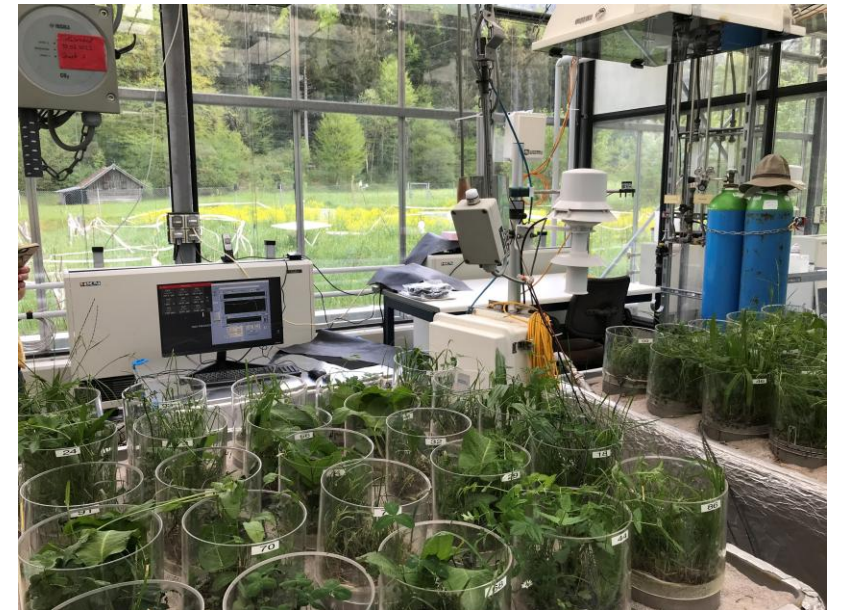
Ökosysteme sind damit weit mehr als Natur im abstrakten Sinne, sie sind die Lebensgrundlage menschlicher Gesellschaften. Sie sichern unsere Ernährung, regulieren Klima, Luft- und Wasserqualität, liefern Rohstoffe und bieten Schutz vor Krankheiten und Naturkatastrophen. Diese sogenannten Ökosystemleistungen sind unverzichtbar und zugleich unter enormen Druck.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Topics Ökosysteme widmen sich daher einer

zentralen Frage unserer Zeit: Wie funktionieren natürliche und bewirtschaftete Ökosysteme, und wie verändern sie sich unter dem Einfluss des globalen Wandels? Klimawandel, Schadstoffeinträge, veränderte Landnutzung, Bevölkerungswachstum und Urbanisierung greifen auf vielfältige Weise in natürliche Kreisläufe ein, über unterschiedlichste räumliche und zeitliche Dimensionen hinweg. Um diese Zusammenhänge zu erfassen, verbinden die Forschenden direkte Feldmessungen und Laborexperimente mit computergestützter Modellierung und Szenarienentwicklung. So lässt sich nicht nur der heutige Zustand von Ökosystemen beschreiben, sondern auch abschätzen, wie sie sich unter künftigen Bedingungen entwickeln könnten.

Der naturwissenschaftliche Blick wird dabei konsequent um sozioökonomische Perspektiven erweitert. Denn die Folgen des globalen Wandels treffen Menschen unterschiedlich hart, je nach wirtschaftlicher Lage, sozialem Umfeld und geografischem

Standort. Und umgekehrt prägen gesellschaftliche Strukturen und politische Entscheidungen, wie wir mit Ökosystemen umgehen. Nur wer die Zusammenhänge zwischen beiden Seiten versteht, kann langfristig wirksame Lösungen entwickeln.



Im Labor werden Umwelteinflüsse auf den Wachstum von Pflanzen simuliert und analysiert. Foto: K. Hennrich, KIT

corner <Science> to meet you! auf dem Kronenplatz in
Karlsruhe: um gemeinsam über Themen
rund um Stadt und Gesellschaft ins
Gespräch kommen, Fragen stellen
und beantworten

Foto: B. Seeland, KIT



Städte sind zentrale Orte der Klima- und Ressourcentransformation. Hier verdichten sich Energie- und Mobilitätswende, Klimaanpassung, Flächenkonkurrenzen, Wohnungsfragen, Infrastrukturerneuerung und soziale Ungleichheiten. Gleichzeitig entstehen in Städten neue Formen des Zusammenlebens, der Teilhabe und der nachhaltigen Gestaltung. Das Topic Stadt.Forschung bündelt am KIT die Kompetenzen, um diese Transformationsprozesse wissenschaftlich zu verstehen, kritisch zu analysieren und gemeinsam mit Praxisakteuren handlungsorientiert zu gestalten.

Im Mittelpunkt stehen die Wechselwirkungen zwischen gebauter Umwelt, technischen Infrastrukturen, natürlichen Ressourcen und gesellschaftlichen Dynamiken. Forscherinnen und Forscher untersuchen, wie Städte klimaresilient, ressourcenschonend, sozial gerecht und lebenswert weiterentwickelt werden können. Dazu gehören Fragen der hitzeangepassten Stadtentwicklung, der blau-grünen Infrastruktur, der energetischen Sanierung, der

Kreislaufwirtschaft im Bauwesen, nachhaltiger Mobilität, digitaler Stadtmodelle sowie neuer Formen urbaner Governance.



Bei corner wird partizipativ zu Themen rund um Stadt und Gesellschaft geforscht. Foto: C. Preda, KIT

Ein besonderes Merkmal des Topics ist die Verbindung von Grundlagenforschung, angewandter Forschung und transdisziplinären Formaten. Stadtquartiere werden dabei als Lern- und Experimentierräume verstanden, in denen wissenschaftliche Erkenntnisse, kommunale Planung, zivilgesell-

schaftliches Engagement und technologische Innovation zusammenwirken. Reallabore, urbane Demonstratoren, digitale Beobachtungsinfrastrukturen und kooperative Beteiligungsformate schaffen Schnittstellen zwischen Forschung, Verwaltung, Wirtschaft und Stadtgesellschaft.

Das Topic Stadt.Forschung verbindet Perspektiven aus Architektur, Bauingenieurwesen, Regionalwissenschaft, Geographie, Geowissenschaften, Umweltforschung, Meteorologie, Informatik und Technikfolgenabschätzung. So entstehen integrierte Ansätze für die Transformation urbaner Räume; von der Analyse komplexer Stadtprozesse bis zur Entwicklung konkreter Lösungen für klimafitte, ressourcengerechte und sozial tragfähige Städte.

Lokale Starkregen können innerhalb kürzester Zeit enorme Schäden verursachen.
Bild: Phanuwhat, Adobe Stock. Generiert mit KI



Extreme Naturereignisse zählen zu den größten Herausforderungen moderner Gesellschaften.

Weltweit verursachen sie enorme wirtschaftliche Schäden und können weitreichende soziale sowie gesundheitliche Folgen nach sich ziehen. Der Klimawandel verändert zudem Häufigkeit, Intensität und räumliche Verteilung hydrometeorologischer Extremereignisse. Gleichzeitig steigern gesellschaftliche Entwicklungen wie Urbanisierung, demografischer Wandel und die wachsende Abhängigkeit von kritischen Infrastrukturen die Verwundbarkeit gegenüber Extremen.

Das Topic Naturgefahren und Risiken des KIT-Zentrums CLEAR adressiert zentrale Fragestellungen:

- Wie lassen sich Schutzkonzepte und Risikomanagementsysteme im globalen Wandel anpassen, um die Resilienz gegenüber Naturgefahren zu erhöhen?
- Welche Faktoren bestimmen natürliche und technische Risiken – und wie kann eine bestmögliche Anpassung erfolgen?

- Welche Bedingungen führen dazu, dass aus einem Extremereignis eine Katastrophe entsteht?
- Inwiefern können Impact-basierte Vorhersagen und Warnsysteme die Auswirkungen von Extremereignissen und Katastrophen verringern?

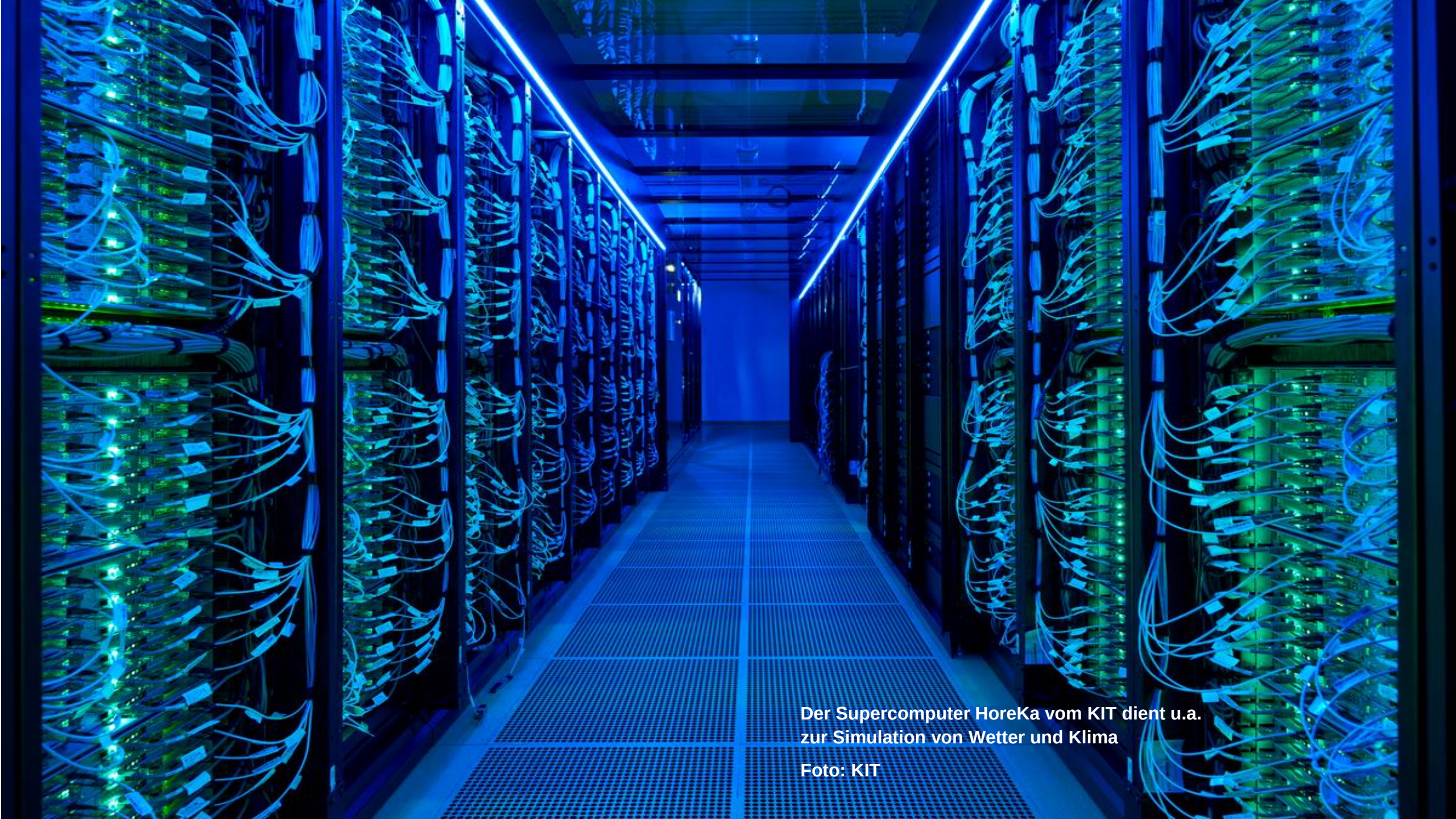
Eine zentrale Rolle in dem Topic spielt das Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM, cedim.kit.edu) – eine interdisziplinäre Forschungseinrichtung des KIT zu Katastrophen, Risiken und Sicherheit. CEDIM fördert Promotionen zu aktuellen Forschungsschwerpunkten, derzeit: „Impactmodellierung und -vorhersage für die Erhöhung der Resilienz gegenüber Katastrophen“. Die an CEDIM beteiligten Forscherinnen und Forscher führen außerdem Forensische Katastrophenanalysen (FDA) in nahe Echtzeit durch mit dem Ziel, Katastrophen multidisziplinär zu untersuchen, zu bewerten und deren Folgen zu quantifizieren.

Eng mit CEDIM verbunden ist das KIT-Reallabor ERNIE (Echtzeitentscheidungen bei riskantem Nichtwissen in der Impactvorhersage von Extremereignissen) das mit einem Professuren-Tandem ausgestattet ist: „Real-Time Decision Support under High Risk and High Uncertainty“ und „Impact-Based Forecasting“.

Gemeinsam entwickeln CEDIM und ERNIE innovative Ansätze für das Risikomanagement und den Schutz der Gesellschaft vor den Folgen von Katastrophen.



Schäden nach extremen Naturereignissen können sehr kostspielig sein.
Foto: S. Mohr, KIT



Der Supercomputer HoreKa vom KIT dient u.a.
zur Simulation von Wetter und Klima

Foto: KIT

Die Wechselwirkungen innerhalb der Klima- und Umweltwissenschaften zeichnen sich durch eine außerordentliche Komplexität aus. Unterschiedliche physikalische, chemische und biologische Prozesse greifen ineinander und beeinflussen sich gegenseitig auf vielfältige Weise. Gleichzeitig schreitet die technologische Entwicklung rasant voran: Moderne Messgeräte, Satelliten und Sensoren liefern zunehmend hochauflösende und umfangreiche Datensätze. Diese Datenmengen wachsen kontinuierlich und stellen sowohl Chancen als auch Herausforderungen für die wissenschaftliche Auswertung dar. Parallel dazu werden auch die eingesetzten Modelle und Modellierungstools immer leistungsfähiger, detaillierter und vielschichtiger, um die komplexen Zusammenhänge möglichst realitätsnah abzubilden.

Vor diesem Hintergrund gewinnt der Einsatz von Methoden der künstlichen Intelligenz zunehmend an Bedeutung. Insbesondere Verfahren des maschinellen Lernens und neuronale Netze bieten neue Möglichkeiten, große Datenmengen effizient zu

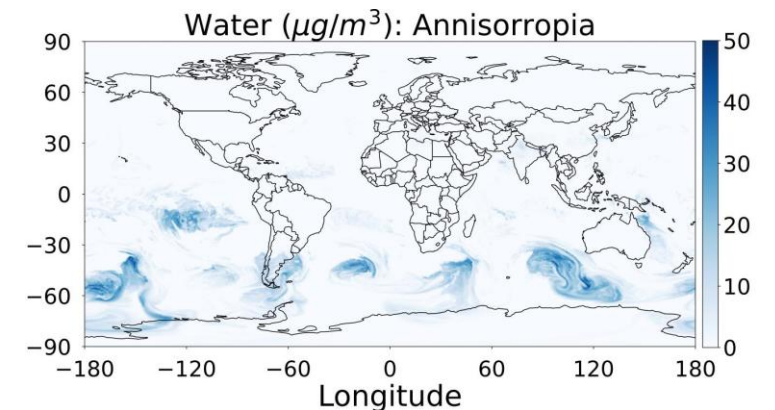
analysieren und Muster zu erkennen, die mit klassischen Methoden nur schwer zugänglich sind.

Die Anwendungsbereiche sind dabei äußerst vielfältig. In der Klimamodellierung helfen KI-Methoden, langfristige Entwicklungen und Szenarien zu simulieren. In der Wettervorhersage, insbesondere bei extremen Ereignissen wie Hurrikans oder Starkregen, ermöglichen sie schnellere und teils genauere Prognosen. Auch in der Fernerkundung und Kartierung werden große Mengen an Satellitendaten mithilfe intelligenter Algorithmen ausgewertet, um Veränderungen in Umwelt und Landschaft zu erkennen.

Darüber hinaus leisten KI-gestützte Verfahren wichtige Beiträge zum Verständnis physikalischer und chemischer Prozesse in der Atmosphäre, etwa bei der Analyse von Spurengasen oder der Bestimmung der Ozonkonzentration in der Stratosphäre. Auch in der Seismologie, beispielsweise bei der Auswertung seismischer Daten, sowie in der Hochwasservorhersage kommen diese Methoden

erfolgreich zum Einsatz. Ergänzt wird dies durch Zeitreihenanalysen und moderne 3D-Modellierungen, die komplexe Entwicklungen anschaulich und nachvollziehbar darstellen.

Das Topic bringt Expertenwissen aus den Klima- und Umweltwissenschaften zusammen mit Informatik, High Performance Computing und Data Science, um die oben genannten Herausforderungen zu adressieren.



KI-Anwendung: Wasseraerosolverteilung emuliert durch neuronales Netz, dass auf HoreKa trainiert wurde.

Quelle: G. Evangelopoulos, KIT

Erfassung der Vorgehensweise bei der manuellen
Demontage eines Winkelschleifers als Basis für die Ableitung
automatisierter Demontage

Quelle: Sonderforschungsbereich 1574 Kreislauffabrik für
das ewige Produkt; Foto: M. Zaremski, KIT



Der erwartete globale Anstieg der Bevölkerung und des Wohlstands geht, bedingt durch technologische Fortschritte, mit neuen Materialien und Produkten sowie mit einem steigenden Bedarf an Ressourcen und zunehmenden Wechselwirkungen mit der Umwelt einher. Diese globalen Herausforderungen bedingen die Stoff- und Energieverluste sowie die Umweltwirkungen neuer Produkte und Materialien zu reduzieren und durch Systemdesign und -analyse über globale Lieferketten zu bilanzieren und zu bewerten. Das kann nur durch interdisziplinäre Ansätze, nachhaltige technologische sowie naturbasierte Lösungen und deren ökonomisch-effiziente Umsetzung ermöglicht werden.

Im Topic Kreislaufwirtschaft und Umwelttechnologien des KIT-Zentrums CLEAR soll daher eine generalistische Herangehensweise von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung entwickelt werden. Dabei sollen insbesondere die ingenieurwissenschaftlichen und wirtschaftswissenschaftlichen Potentiale eingebracht und mit der in CLEAR

ebenfalls verankerten Bandbreite an Kompetenzen verknüpfen werden. Ziel ist es, damit Kreisläufe über Systemgrenzen zu schließen und industrielle Kernprozesse so zu erweitern, dass Rohstoffbedarf, Emissionen und Abfall sowie generell jede Art von negativen Umweltinteraktion minimiert werden.

Hieraus ergeben sich im Topic „Kreislaufwirtschaft“ insbesondere die folgenden Herausforderungen:

1. Die Ermöglichung des Recyclings von nicht-recyclablen Abfällen.
2. Die Umwandlung von komplexen Abfällen zu Rohstoffen.
3. Die Wertschöpfung in Produkten auch am Ende der Nutzungsdauer erhalten und durch Remanufacturing ein zweites Leben des Produkts oder von Komponenten davon ermöglichen.
4. Die Entwicklung einer Update-Factory unter Beachtung eines Design for Recycling und

durch Nutzung von Geschäftsmodellen sowie Life Cycle Assessment.

5. Die Sicherung von Rohstofflieferketten unter Beachtung noch zu entwickelnder hoher Standards.
6. Die Steigerung der gesellschaftlichen Akzeptanz durch Einbindung der im Wertschöpfungsprozess beteiligten Personen.



Das Foto zeigt ein (halb)demontiertes Batteriemodul.
Foto: KIT-IIP (incl. Bildbearbeitung)



Bioökonomie in Aktion:
Vom Feld zur nachhaltigen Industrie
Foto: naevermillion – adobe.com

Im Forschungsfeld Bioökonomie entwickeln Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nachhaltige Lösungen für die Wirtschafts- und Gesellschaftssysteme der Zukunft. Im Mittelpunkt steht die Nutzung biologischer Ressourcen, biologischer Prozesse sowie biotechnologischer Verfahren zur Entwicklung innovativer Produkte, Materialien und Technologien. Ziel ist es, fossile Rohstoffe schrittweise durch nachwachsende und klimafreundliche Alternativen zu ersetzen und zugleich neue Wertschöpfungspotenziale für Wirtschaft und Gesellschaft zu erschließen.

Ein besonderer Fokus liegt auf den Themen Ressourceneffizienz, Klimaschutz und Kreislaufwirtschaft. Die Forschenden untersuchen, wie biologische Rohstoffe möglichst vollständig und effizient genutzt werden können, um Stoffkreisläufe zu schließen und Abfälle zu vermeiden. Dadurch leistet die Bioökonomieforschung einen wichtigen Beitrag zur Transformation hin zu einer nachhaltigen und resilienten Wirtschaftsweise. Neben der Reduktion von Treibhausgasemissionen stehen dabei auch die Sicherung von Ressourcen sowie die Entwicklung

neuer technologischer und wirtschaftlicher Perspektiven im Vordergrund.

Ein zentrales Forschungsgebiet der Bioökonomie ist die Erforschung, Charakterisierung und Optimierung biologischer Katalysatoren, zu denen Enzyme, Mikroorganismen und mikrobielle Konsortien zählen. Die Forschenden untersuchen natürliche biologische Systeme, entwickeln diese mithilfe moderner biotechnologischer und molekularbiologischer Methoden weiter und erschließen neue Katalysatoren für industrielle Anwendungen. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Integration dieser biologischen Systeme in innovative technische Plattformen und Produktionsverfahren, beispielsweise in Bioreaktoren, bioelektrochemischen Systemen oder hybriden Prozessketten. Das Ziel besteht darin, biologische und technische Komponenten so zu verbinden, dass nachhaltige, ressourceneffiziente und wirtschaftlich attraktive Lösungen für die Herstellung von Chemikalien, Materialien, Energieträgern und weiteren biobasierten Produkten entstehen.

Einen weiteren wichtigen Schwerpunkt der Bioöko-

nomieforschung bildet die Entwicklung nachhaltiger Lebensmittel für die Zukunft. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erforschen innovative Ansätze, um eine wachsende Weltbevölkerung mit hochwertigen Nahrungsmitteln zu versorgen, obwohl die natürlichen Ressourcen begrenzt sind. Im Fokus stehen dabei alternative Proteinquellen aus Mikroorganismen, Algen, Pilzen und pflanzlichen Rohstoffen sowie neue Verfahren zur Herstellung funktioneller Lebensmittel mit verbesserten ernährungsphysiologischen Eigenschaften.



*Im Labor entstehen die Innovationen der Bioökonomie
Foto: naevermillion – adobe.com*



In der NECOC-Versuchsanlage am Campus Nord des KIT wird gezeigt, wie fester, industriell nutzbarer Kohlenstoff aus CO₂ hergestellt werden kann.
Foto. M. Breig, KIT

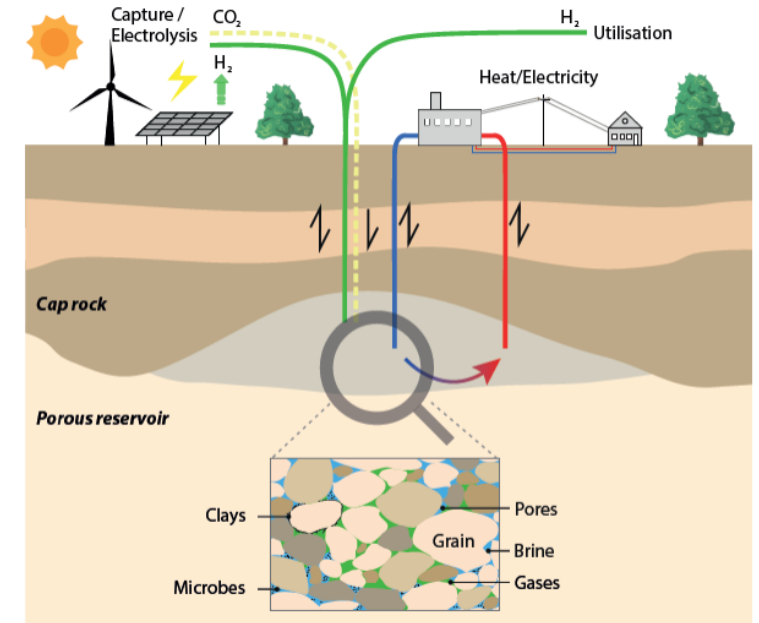
Wie lässt sich Klimaschutz mit dem Erhalt industrieller Wertschöpfung verbinden? Diese Frage steht im Mittelpunkt des Topics Industrial Carbon Management. In vielen industriellen Prozessen entstehen technisch nicht vermeidbare Treibhausgasemissionen, vor allem CO₂-Emissionen. Beispiele sind die Kalk- und Zementproduktion, Eisen- und Stahlherstellung, darunter insbesondere auch gerade die Prozesse mit hohem Recyclinganteil, die thermische Abfallbehandlung, Prozesse der chemischen Industrie sowie Glas- und Keramikindustrie. Viele dieser Prozesse stehen am Anfang essentieller Wertschöpfungsketten, die die Wirtschaft gerade in Deutschland und Europa prägen und die Grundlage ihrer Stärke und Resilienz bilden.

Das Topic bündelt KIT-Kompetenzen aus Verfahrenstechnik, Umwelttechnik, Energietechnik, Geologie und Geotechnik. Im Fokus stehen Verfahren, mit denen CO₂ aus Abgasen abgeschieden, transportiert, dauerhaft gespeichert oder stofflich genutzt werden kann. Dabei sind Ansätze, bei denen aus der

Nutzung des CO₂ unter gleichzeitig langfristiger Bindung ein wirtschaftlicher Nutzen entsteht, besonders interessant. Ein Beispiel ist die Herstellung von festem Kohlenstoff aus CO₂. Dabei wird CO₂ in festen Kohlenstoff und Sauerstoff zerlegt. In Projekten mit der Gießereiindustrie soll dieser Kohlenstoff in industrielle Prozesse zurückgeführt werden. Ebenso wichtig ist es aber, zu energieeffizienten Lösungen entlang der gesamten Prozesskette beizutragen, um auch bereits in der industriellen Erprobung befindliche sogenannte CCS (Carbon Capture and Storage)- und CCU (Carbon Capture and Utilization)- Prozesse wirtschaftlicher zu gestalten. Damit kann Carbon Management dazu beitragen, Klimaziele zu erreichen, ohne zentrale industrielle Wertschöpfungsketten aufzugeben.

Vor diesem Hintergrund wird eng mit Kolleginnen und Kollegen aus dem KIT-Zentrum Energie und im europäischen Verbund ECCSEL ERIC zusammengearbeitet. Aber auch darüber hinaus sind das Thema und das Topic sehr interdisziplinär aufge-

stellt. Gerade diese Breite der Kompetenzen und Perspektiven zeichnet die KIT-Forschung zum industriellen Carbon Management besonders aus.



Schematische Skizze von Untergrundspeichern und geothermischen Fördermöglichkeiten. Quelle: B. Busch, KIT



Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) ist „Die Universität in der Helmholtz-Gemeinschaft“. Als einzige deutsche Exzellenzuniversität mit nationaler Großforschung bieten wir unseren Studierenden, Forschenden und Beschäftigten einmalige Lern-, Lehr- und Arbeitsbedingungen. Die Wurzeln der universitären Bildungsstätte reichen bis ins Jahr 1825 zurück. Seine heutige Form erhielt das KIT, indem sich die Universität Karlsruhe (TH) und das Forschungszentrum Karlsruhe 2009 zusammenschlossen.

Heute sind am KIT rund 10 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beschäftigt, mehr als die Hälfte davon in der Forschung auf einer breiten disziplinären Basis in den Natur-, Ingenieur-, Wirtschafts-, Geistes- und Sozialwissenschaften. Das KIT ist damit eine der größten Wissenschaftseinrichtungen Europas. Neben exzellenter Lehre und Spitzenforschung zählen wir die Innovation zu unseren zentralen Aufgaben. So schaffen und vermitteln wir nicht nur Wissen für Gesellschaft und Umwelt, sondern entwickeln daraus auch Anwendungen für die Wirtschaft.

Unser Ziel ist es, einen Beitrag zur Bewältigung der globalen Herausforderungen für die Menschheit durch wegweisende Forschungsbeiträge in den Feldern Energie, Mobilität und Information zu leisten. Der stetige Kontakt und Austausch mit der Gesellschaft ist uns dabei sehr wichtig.



Kontakt:

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
KIT-Zentrum Klima, Umwelt und Ressourcen (CLEAR)
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
Telefon: 0721 608 28592
Email: Kirsten.Hennrich@kit.edu
www.clear.kit.edu

Impressum:

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Kaiserstr. 12
76131 Karlsruhe

Redaktion

Dr. Kirsten Hennrich

Gestaltung, Layout

Dr. Kirsten Hennrich

September 2026