

## Energie

Die Nutzung verfügbarer Energiequellen begleitet nahezu alle Bereiche des täglichen Lebens. Treibende Kraft für technologische Entwicklungen ist die Notwendigkeit einer nachhaltigen Energienutzung, insbesondere um fossile Energiequellen wie Kohle, Öl und Gas zu reduzieren. Um die Klimaschutzziele zu erreichen, benötigt es zukunftsweisende Entwicklungen bei Energietransport, Energieumwandlung und Energiespeicherung. Ein Schlüssel ist die Verfügbarkeit neuer Materialien, um Energieverluste zu minimieren und Speichertechnologien beispielsweise für neuartige Batteriesysteme zu entwickeln. **Neutronen** mit ihren einzigartigen Fähigkeiten Materialien und Bauteile zu untersuchen, leisten hierzu wesentliche Beiträge.

- Batterien: Speicherkapazität verbessern, längere Lebenszeit, schnelleres Be- und Entladen, Effizienz von organischen Solarzellen steigern.
- Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung dank dem Halbleitermaterial Silizium: Der FRM II mit seinem hohen Fluss an Neutronen kann etwa 15 Tonnen dotierten Siliziums pro Jahr herstellen, was ca. 10 % des Weltmarktes entspricht.

## Klima und Umwelt

Forschung und Entwicklung in den Bereichen Klima und Umwelt sind geprägt durch ihre Komplexität in denen zahlreiche, heute teilweise noch unbekannte Faktoren eine Rolle spielen. Zum Verständnis der Vorgänge in der Natur können Neutronen mit der Untersuchung komplexer Materialien einen wesentlichen Beitrag liefern. Hierbei gibt oft der innere Aufbau dieser Materialien im Nanometer Bereich einen entscheidenden Hinweis, der mit Hilfe der Neutronen untersucht wird. Die Untersuchung von Probenmaterialien unter teilweise extremen Bedingungen, wie sie beispielsweise in der oberen Atmosphäre bei der Wolkenbildung vorkommen, ist eine der herausragenden Stärken der Neutronenforschung indem sie Apparaturen, die diese Bedingungen herstellen, einfach durchdringen können.

- CO<sub>2</sub> in natürlichen Reservoirs wie in Utah für 100.000 Jahre speichern
- Sauberes Trinkwasser durch verbesserte Wasseraufbereitungsanlagen (kein Faulen der Membrane mehr)

## Gesundheit und Ernährung

Nur mit hochintensiver Neutronenstrahlung können bestimmte Radioisotope hergestellt werden. Hierbei entsteht durch die Absorption von Neutronen radioaktives Material, das dann zur Herstellung von Radiopharmaka verwendet wird. Neutronen leisten somit einen wertvollen Beitrag zu unserer Gesundheitsvorsorge und medizinischer Behandlung. Neutronen bieten auch einzigartige Einblicke in die Wirkmechanismen von Medikamenten. Um ihre Funktion zu verstehen, sind die schwachen chemischen Bindungen in Proteinen wesentlich. Hier besitzen Neutronen zwei große Vorteile: Sie spüren hochempfindlich Wasserstoffatome auf, die diese Bindungen herstellen. Und sie haben eine relativ niedrige Energie, die diese schwachen Bindungen nicht beeinflusst. Diese Eigenschaften sind auch für die Untersuchung von Lebensmitteln besonders vorteilhaft.

- Beispiele sind **Lutetium-177** für die Behandlung von Tumoren, wie z.B. Prostatakrebs, oder **Holmium-166** gegen Lebermetastasen. Zukünftig werden am FRM II auch Isotope für die Diagnostik wie z.B. **Molybdän-99/Technetium-99m** hergestellt. Über 30 Millionen Untersuchungen werden weltweit jedes Jahr mit diesem Radioisotop durchgeführt, davon allein in Deutschland ca. 3 Millionen.
- Entschlüsselung von resistenten Bakterien -> bessere und neue Antibiotika

## Mobilität

Von einem Ort zum anderen zu kommen, ist für uns heute oft ein alltägliches Bedürfnis, aber auch eine Notwendigkeit unserer modernen Gesellschaft. Die damit verbundenen technischen Herausforderungen wie Energieeffizienz, Verfügbarkeit und Kosteneinsparung erfordern eine ständige Weiterentwicklung der Transportmittel und der dabei verwendeten Materialien und Bauteile. Eine Schlüsselrolle können hier Neutronen einnehmen, indem sie einen Einblick ins Innere der Bauteile ermöglichen, insbesondere unter realen oder simulierten Einsatzbedingungen. Mit Durchstrahlungsexperimenten erkennen Forscher Vorgänge, die sonst anderweitig verborgen geblieben wären. Dies ermöglicht es, industrielle Prozesse zu optimieren, einzelne Geräte zu verbessern oder neue Materialien zum Einsatz zu bringen.

- Batterieherstellung: Befüllprozess einer Batterie (Lithiumionen-Zellen mit Elektrolytflüssigkeit) verdoppelt -> Kostenersparnis
- Wasserstoffspeicher: schnelleres Be- und Entladen von Wasserstoffautos

## Kulturelles Erbe

Bewahren und Verstehen sind zwei der wesentlichen Aspekte, wenn es um unser kulturelles Erbe geht. Sei es ein bedeutendes Artefakt, das Archäologen bei Ausgrabungen gefunden haben oder Fossilien die uns einen Einblick in die Entstehungsgeschichte der Erde geben – Wissenschaftler benötigen Analysen, um sie zu identifizieren und ihren Zusammenhang in der Geschichte oder Evolution zu verstehen. Neutronen können hier einen wesentlichen Beitrag liefern. Sie können zerstörungsfrei in das Innerste der Objekte blicken und dort auch noch ihre chemische Zusammensetzung analysieren. Sie bestimmen innere Spannungen in Werkzeugen und verstehen, wie sie hergestellt wurden. Oft gibt die Zusammensetzung der Materialien einen Hinweis auf den Ursprung oder Herstellungsort der Artefakte.

- Archäologen können so historischen Fundstücke wesentlich besser vor Korrosion schützen und in Museen ausstellen.

## Innovation

Neutronen für Forschung, Industrie und Medizin, für diese Zwecke wurde die Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz konzipiert. Der Betrieb seit 2005 hat überzeugende Forschungsergebnisse geliefert und weltweit führende Entwicklungen im Bereich der Forschung mit Neutronen vorgebracht. Was aber sind die Auswirkungen auf unsere Gesellschaft, welche Innovationen und Entwicklungen wurden und werden verfolgt? Welche Produkte und Technologien profitieren von dem Einsatz der Neutronenforschung? Durch die vielfältigen Analysemethoden, die die Neutronen ermöglichen, ist die Antwort umfänglich und eng verbunden mit Materialforschung im weitesten Sinne. Neutronen sind hierbei jedoch immer nur ein Teil eines komplexen Prozesses, liefern aber oft einen entscheidenden Beitrag zur Entwicklung von neuen Materialien, Verfahren und Produkten.

- Umweltfreundliche Verpackung: Schichten aus Zellulosefasern werden üblicherweise aus Holz gewonnen und bieten eine nachhaltige Alternative zum Plastik.
- Biotinte – Organe aus dem Drucker: Erzeugung gewebeähnlicher Strukturen im Labor mit einem neu entwickelten Thermogel in einem 3D-Druckverfahren.
- Neue Superlegierungen – Weniger Treibstoff: High-Tech Materialien (Kobalt und Rhenium) für Gasturbinen zur Stromerzeugung und im Flugzeug.