# Magnetische Zwerge

Nanopartikel mit magnetischen Eigenschaften sind eine Zukunftshoffnung für die Medizin, vor der klinischen Anwendung gibt es aber noch einige Hürden. Mit neuen Bildgebungstechnologien will Daniel Baumgarten helfen, diese zu überwinden.

Sie sind klitzeklein, lediglich Bruchteile eines Millimeters groß und trotzdem ein Hot Spot der Forschung im klinischen Bereich – Nanopartikel. Abgeleitet vom griechischen *nános* für Zwerg sind Teilchen in Nanogröße mit freiem Auge nicht sichtbar, sind sie doch bloß ein Milliardstel Meter groß. Daniel Baumgarten, Professor am Institut für Elektrotechnik und Biomedizinische Technik der UMIT, zieht einen augenscheinlichen Vergleich: „Legt man einen Nanopartikel neben einen Fußball, ist das in etwa das gleiche Größenverhältnis wie zwischen dem Fußball und der Erde.“ 1959 hielt Richard Feynman, Physik-Nobelpreisträger des Jahres 1965, eine visionäre Rede, über „Manipulation und Steuerung von Dingen in winzigem Maßstab“ die er mit „There's Plenty of Room at the Bottom“ titelte – diesen großen „Spielraum nach unten“ hat die Nanotechnologie in der Zwischenzeit in vielen Bereichen besetzt. „Es beginnt bei beschichteten und damit wasserabweisenden Oberflächen für Autos, es gibt – aufgrund von Nanotechnologie – flüssigkeitsabweisende bzw. antibakterielle Textilien und auch in der Nahrungsmittelindustrie kommen Nanoteilchen zum Einsatz, z.B. in Instantsuppen“, weiß Baumgarten. Feynman dachte 1959 aber schon einen Schritt weiter und an einen Nano-Einsatz im menschlichen Körper: „Ein Ziel der Nanotechnologie ist etwa, molekulare Jäger zu kreieren, die Krebszellen verfolgen und zerstören und dabei normale Zellen intakt lassen.“ Eine Vision, die in naher Zukunft Wirklichkeit werden könnte, auch durch die Arbeit von Baumgarten, der dabei auf das physikalische Phänomen des Bionanomagnetismus setzt.

Forschungsobjekt des Teams rund um Baumgarten sind Nanopartikel aus Eisenoxid. „Sie sind biovertäglich, vor allem aber magnetisch“, sagt der Wissenschaftler. Mit einer Größe von zehn bis 15 Nanometer sind die „Mini-Eisenspäne“ rund 500-mal kleiner als

Foto: AdobeStock / Kateryna_Kon

rote Blutkörperchen und stecken in einer Hülle aus nicht-magnetischem Material. „Die Hülle verhindert, dass die Nanoteilchen verklumpen, zudem erhöht sie die Bioverträglichkeit. Und in der Hülle kann man die Teilchen mit zusätzlichen Funktionalitäten ausstatten, damit sie an bestimmten Zielobjekten ankoppeln können“, erklärt der UMIT-Forscher. Dieser Wirkstofftransport ist ein möglicher Einsatz magnetischer Nanoteilchen. Die mit Wirkstoffen versehenen Nanopartikel werden ins Blut injiziert und mithilfe eines externen Magneten genau an ihren „Einsatzort“ gelotst, wo die Wirkstoffe effektiver und – da sehr lokal – mit weniger Nebenwirkungen zum Einsatz kommen.

Ein weiterer therapeutischer Ansatz kommt ohne „Wirkstoffanhängsel“ aus. Eine mit Nanopartikel durchsetze Flüssigkeit – pro Milliliter bis zu 17 Milliarden Nanoteilchen – wird in Tumorgewebe gespritzt. Der Patient wird in ein magnetisches Wechselfeld gebracht, die Partikel orientierten sich an der Polung des Magnetfeldes, wird diese geändert, switchen die Partikel mit. „Ab einer bestimmten Frequenz können die Partikel diesen Änderungen nicht mehr folgen“, erläutert Baumgarten. Bis zu 100.000-mal pro Sekunde ändert sich die Polung, die Teilchen können sich nicht mehr in die jeweilige Richtung drehen, sie schwingen nur mehr hin und her. Dabei entsteht Wärme, die von außen exakt gesteuert werden kann. Medizinisch interessant wird es ab einer Temperatur von 42 Grad Celsius: Tumorzellen reagieren empfindlicher auf Wärme als gesunde Körperzellen, eine Erwärmung auf 42 oder 43 Grad Celsius lässt sie bereits absterben, für gesunde Zellen ist diese Temperatur kein Problem (kritisch wird es ab circa 49,5 Grad Celsius). Die zerstörten Tumorzellen werden vom Körper auf natürlichem Weg abgebaut, ebenso die Nanopartikel nach mehrfacher Behandlung.

„Das sind noch Zukunftsszenarien“, gesteht Baumgarten, hält aber fest: „Erste klinische Studien mit dieser sogenannten Hyperthermie sind schon weit fortgeschritten.“ So etwa bei Hirn-, Speise- und Luftröhrentumoren, „die operativ schwer zugänglich sind“. Knackpunkt der Hyperthermie ist die Verteilung der Nanopartikel im Tumorgewebe, damit Wärme gleichmäßig und überall erzeugt werden kann. Baumgarten arbeitet daher an neuen Bildgebungstechnologien, „damit wir die Partikel nicht-invasiv detektieren können“. Mit Hilfe der Magnetresonanztomografie könne man die Partikel zwar „als dunkle Bereiche lokalisieren“, notwendig sei aber eine quantitative Detektierung. Im kommenden Frühjahr soll Baumgartens neues Labor den Betrieb aufnehmen, dann will er mit neuartigen Magnetfeldsensoren die Bildgebung weiterentwickeln. „Die Partikel richten sich an einem externen Magnetfeld aus. Schaltet man dieses ab, relaxieren die Partikel – und diesen Zerfall des Magnetismus kann man messen“, beschreibt der gebürtige Erfurter seinen Ansatz. Werden nun mit speziellen Geometrien nur bestimmte Bereiche angeregt und ausgelesen, kann daraus die quantitative Verteilung der Partikel rekonstruiert werden. Eine Grundlage, um einerseits die Wärmeentwicklung im Tumor voraussagen zu können, andererseits kann die Technologie auch für Monitoring und Überwachung der Therapie eingesetzt werden.

Hyperthermie-Forschung betreibt Baumgartens Team aber nicht nur im Labor, sondern auch direkt am PC. „Wir wollen das Verhalten der Partikel, nachdem sie in ein Tumorgewebe injiziert worden sind, mathematisch modellieren“, nennt der Techniker einen weiteren Forschungsschwerpunkt. Wie wandern Nanopartikel durch Gefäßwände in den Tumor? Wie viele kommen am Zielort an? Wie verteilen sie sich unter bestimmten anatomischen Voraussetzungen im Tumor? Wie verläuft die Wärmeentwicklung? – Fragen, deren Beantwortung einerseits Ärztinnen und Ärzten bei der Therapie helfen, andererseits auch zur Verbesserung von Baumgartens erstem Forschungsthema beitragen soll: „Aus der mathematischen Modellierung erhalten wir Informationen, die wir wiederum für die Bildung von Algorithmen für die Bildgebung einsetzen können.“

Bis die Hyperthermie zur Anwendung kommen kann, gilt es noch einige Hürden zu bewältigen – auch bürokratische. „Im Moment gibt es noch kein Normenwerk für die Partikel, keine einheitlichen Richtlinien für deren Beschreibung“, hält Baumgarten fest. In dem EU-weiten Projekt MagNaStand soll dem Abhilfe geschaffen werden, die UMIT ist mit Baumgarten Partner des Projekts. „Auch wenn diese Standardisierung trocken und wenig nach Forschung klingt, ist sie notwendig, damit die Hyperthermie in die klinische Anwendung kommen kann.“ Und erst dann wird sich bewahrheiten, was Richard Feynman 1959 prophezeit hat – zwergenhafte Jäger werden Krebszellen verfolgen und zerstören und dabei normale Zellen intakt lassen.

„Wir wollen das Verhalten von Nanopartikeln, nachdem sie in ein Tumorgewebe injiziert worden sind, mathematisch modellieren. Aus dieser mathematischen Modellierung erhalten wir Informationen, die wir wiederum für die Bildung von Algorithmen für die Bildgebung einsetzen können.“
Daniel Baumgarten

Foto: UMIT / Kern