

ANFANGSPHASE DER KNOCHENNEUBILDUNG DURCH STAMMZELLEN. DAS KNOCHENSPEZIFISCHE PROTEIN OSTEOCALCIN (GRÜNE FÄRBUNG) WIRD DURCH ZUSAMMENGELAGERTE ZELLEN PRODUZIERT. INITIAL PHASE OF USING STEM CELLS TO GENERATE NEW BONE GROWTH. THE BONE PROTEIN OSTEOCALCIN (COLOURED GREEN) IS GENERATED BY MEANS OF AGMINATED CELLS.

Magnesiumwerkstoffe als Implantatmaterialien

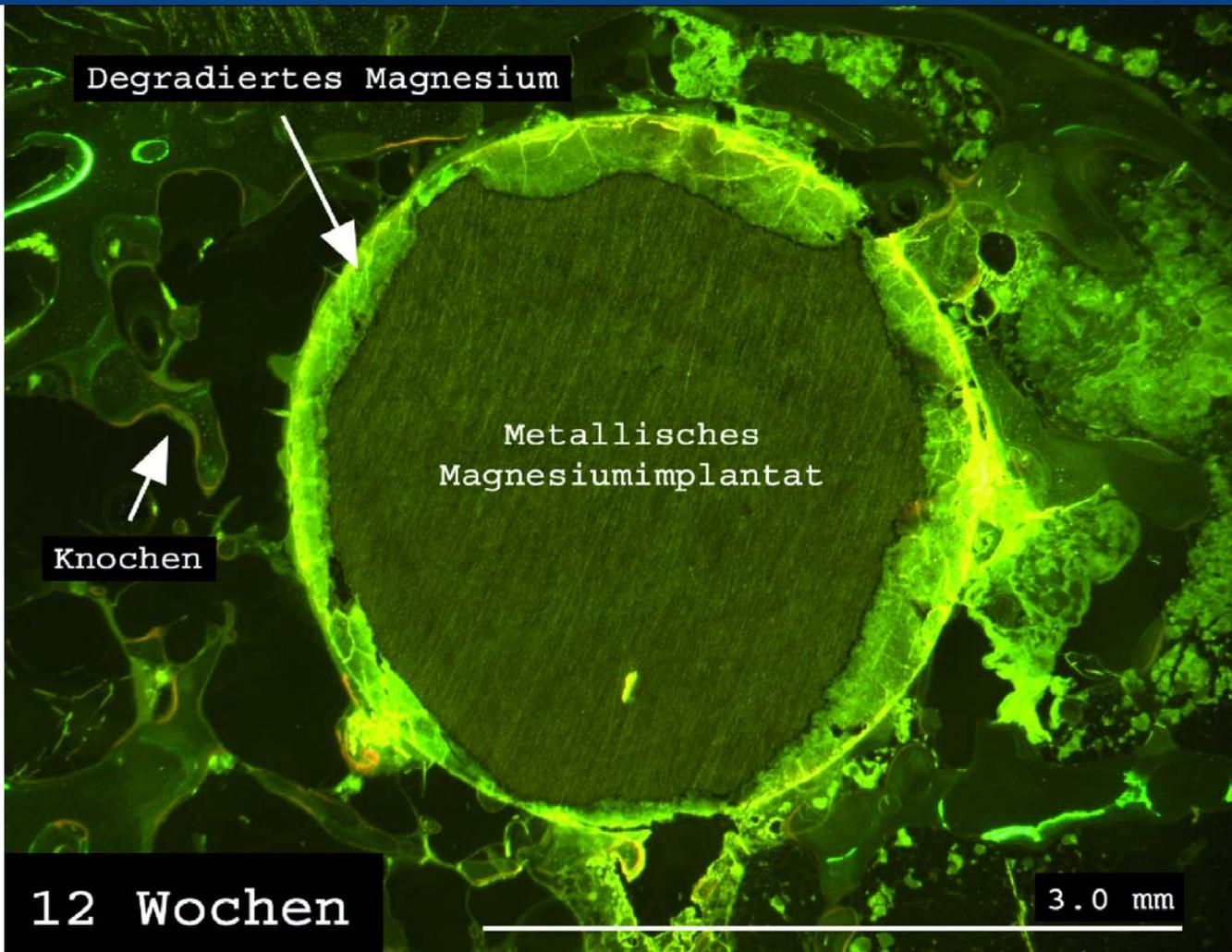
Vor dem Hintergrund stetig steigender Gesundheitskosten wurde mit körperabbaubaren (biodegradablen) Magnesiumwerkstoffen ein Implantatmaterial entwickelt, das sich nach dem Ausheilen der versorgten Fraktur auflöst und den Knochenaufbau sogar noch unterstützt.

Magnesiumwerkstoffe werden bereits seit längerer Zeit vor allem im Automobilbau und zum Beispiel als Gehäuse für Notebooks, Kameras, PDA etc. eingesetzt. Ein Problem ist dabei allerdings die vergleichsweise schlechte Korrosionsbeständigkeit dieser Werkstoffe. Dieser scheinbare Nachteil erweist sich jedoch im Fall von Implantaten, die aus Magnesium gefertigt werden, als Vorteil. Implantate aus Magnesium kann man so entwerfen, dass sie für eine gewisse Zeit ihre Funktion erfüllen und sich anschliessend komplett auflösen. Weiterhin ist Magnesium im Unterschied zu anderen Metallen ein essentielles Element, das für eine Vielzahl physiologischer Abläufe im Körper benötigt wird. Es kommt im menschlichen Körper in einer Gesamtmenge von bis zu 35 g vor. Für den täglichen Bedarf werden zudem etwa 300 mg Magnesium benötigt und jeglicher Überschuss wird ohne weitere schädliche Auswirkungen aus dem Körper ausgeschwemmt.

Die bekannten Implantatmaterialien aus Stahl oder Titan weisen im Unterschied zu Magnesiumwerkstoffen jedoch

Kennwerte hinsichtlich Festigkeit und Elastizität auf, die deutlich über denen von Knochen liegen. Um zu verhindern, dass die Implantate allein die Belastung aufnehmen und dass dabei gleichzeitig Knochen wieder resorbiert wird, sollten Implantate ein dem Knochen vergleichbares Eigenschaftsprofil hinsichtlich der Festigkeitseigenschaften aufweisen. Magnesiumlegierungen können dies gewährleisten. Weiterhin ist es zum Beispiel von Endoprothesen aus Platin mit Hydroxylapatit (HA)-Beschichtungen bekannt, dass das Anwachsen an den Knochen durch das HA gefördert wird.

Da sowohl die Eignung von Magnesiumlegierungen als auch von HA für Implantatmaterialien belegt ist, liegt es auch nahe, beide Werkstoffe zu einem Verbundwerkstoff zu kombinieren, um das Eigenschaftsprofil dieses Implantatwerkstoffes noch mehr dem von Knochen anzunähern. Im Verein mit der Möglichkeit, das Implantat über einen definierten Zeitraum aufzulösen, eröffnet sich damit erstmalig die Möglichkeit, ein resorbierbares Implantat zu entwickeln, dass sowohl die Heilung unterstützt als auch eine weitere



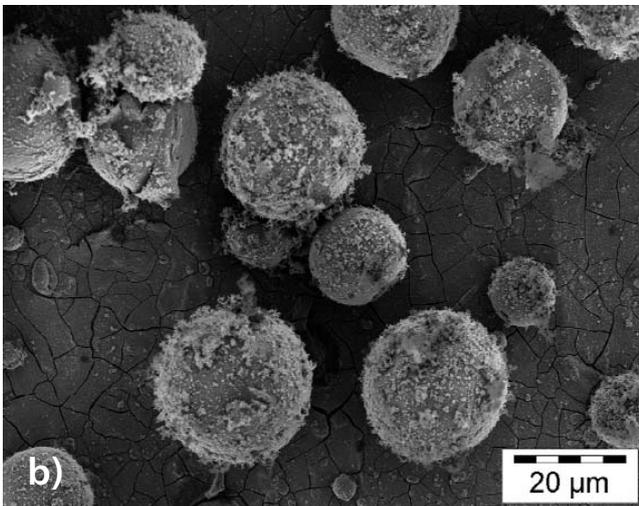
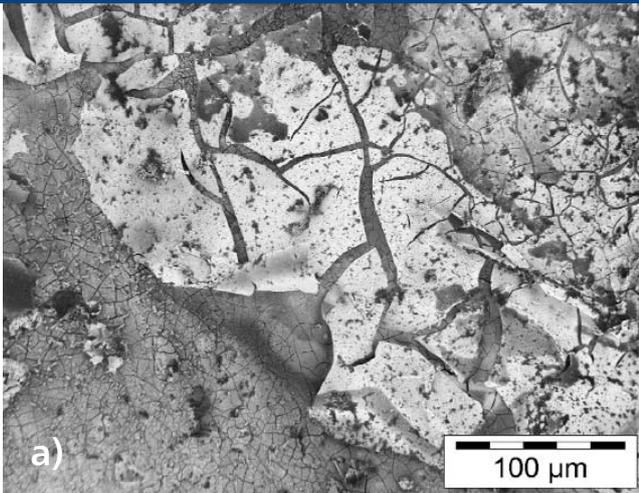
IMPLANTAT AUS EINER MAGNESIUMLEGIERUNG, DASS NACH 12 WOCHEN IM KÖRPER BEREITS ZUM TEIL ABGEBAUT WURDE (MEDIZINISCHE HOCHSCHULE HANNOVER)
 IMPLANT MADE OF A MAGNESIUM ALLOY THAT IS ALREADY PARTLY BROKEN DOWN AFTER 12 WEEKS IN THE PATIENT'S BODY (HANOVER MEDICAL SCHOOL)

Operation zur Entfernung des Implantats unnötig macht. Damit verbessert sich die Lebensqualität des Patienten, die Risiken einer weiteren Operation können ausgeschlossen werden und es kommt zudem zu einer deutlichen Senkung der Kosten im Gesundheitswesen.

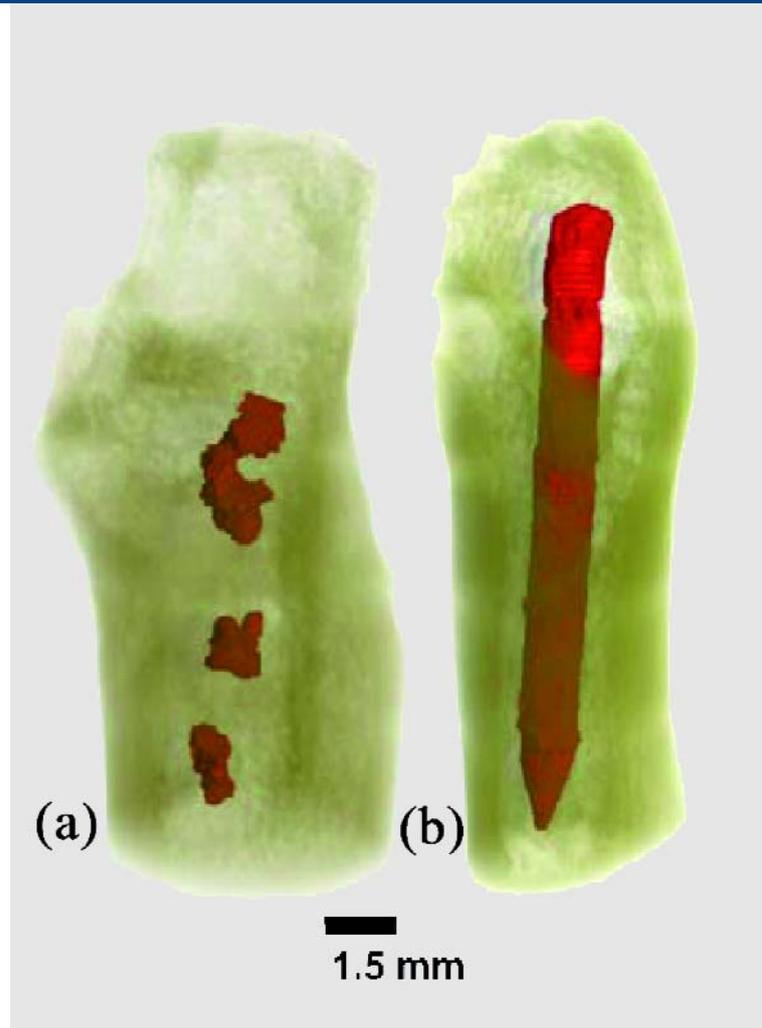
Bei ersten Untersuchungen wurde in der GKSS und in Kooperation mit der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) ein mit 20 Volumenprozent HA verstärkter Magnesiumverbundwerkstoff auf der Basis der Legierung AZ91 hergestellt und getestet. Dabei konnte bereits die Eignung dieses Verbundwerkstoffes sowohl hinsichtlich ihres mechanischen Verhaltens, der Korrosionseigenschaften sowie die ausgezeichnete Biokompatibilität belegt werden. Es konnte auch gezeigt werden, dass die Korrosion des AZ91-HA-Verbundwerkstoffes langsamer verläuft als die des Grundwerkstoffes allein. Dabei besteht jedoch eine Abhängigkeit des Korrosionsverhaltens von der jeweiligen Umgebung und den sich dabei ausbildenden Korrosionsschichten. Dies gibt Anlass zu der begründeten Vermutung, dass sich das Eigenschaftsprofil in weiten Bereichen an die jeweiligen Anforderungen anpassen lässt, die an unterschiedliche

Implantate gestellt werden. Weitere Untersuchungen werden noch in verschiedenen Forschergruppen der GKSS und der MHH durchgeführt, um sowohl das Eigenschaftsprofil zu optimieren und auch um die am besten geeignete Legierungszusammensetzung und Herstellungsrouten festzulegen.

DR. NORBERT HORT



REM-AUFNAHMEN A) DER KORROSIONSSCHICHT UND B) VON KÖRPERZELLEN (MG63) AUF EINER MAGNESIUMLEGIERUNG (WE43) SEM IMAGES A) THE CORROSION LAYER AND B) BODY CELLS (MG63) ON A MAGNESIUM ALLOY (WE43)



3D-REKONSTRUKTION VON VERBLEIBENDEM METALLISCHEM MAGNESIUM (ROT) SEGMENTIERT VON DER KNOCHENMATRIX (BRAUN) NACH EINER IMPLANTATIONSZEIT VON 18 WOCHEN. B) AZ91D, B) LAE442 (MEDIZINISCHE HOCHSCHULE HANNOVER). 3D RECONSTRUCTION OF REMAINING METALLIC MAGNESIUM (RED) SEGMENTED FROM THE BONE MATRIX (BROWN) AFTER AN IMPLANTATION PERIOD OF 18 WEEKS. B) AZ91D, B) LAE442 (HANOVER MEDICAL SCHOOL)

Magnesium-based Materials for Implants

Light metals such as magnesium alloys have attracted increasing interest for applications in the transportation industries. However, corrosion resistance in particular is a limitation on the use of these alloys. In contrast to automotive applications, our research is focused on magnesium-based materials as biodegradable implants, where the corrosion behaviour will be adjusted in order to produce temporary implant materials. Magnesium alloys have already been used in the past for such applications, but tests were not successful due to excessive hydrogen formation in the surroundings of the implant. In recent years the corrosion behaviour of magnesium alloys has been improved, and magnesium-based metal matrix composites have become the focus of interest. This has led to the development of a hydroxyapatite (HA) containing a magnesium matrix composite with good degradability and mechanical properties that

are close to those of human bone. HA is a calcium-containing material that supports the healing process. This development offers the possibility of avoiding a second operation to remove the implant. The magnesium-based composite degrades within a defined time period that can be adjusted according to the kind of fracture involved. In cooperation with the Medizinische Hochschule Hannover, an HA-containing composite has been developed and tested. The corrosion resistance and degradability as well as the mechanical properties of this composite are very promising, and research in this field will be continued.