



..... Testing • Research • Consulting

BERICHT  
REPORT  
2025



RMS-Bericht 2025	Inhaltsverzeichnis	
	Einleitung	3
Allgemein	Werte und Leitbild der RMS	4
	Neubau	5
	Organisation der Konferenz «[MEET THE EXPERT] Implants»	6
	Neue Homepage der RMS Foundation	7
	Organisatorisches	8
	Einführung eines Integrierten Managementsystem	9
Materialprüfung & Beratung	Titan für die Additive Fertigung: Einfluss des Pulvers auf das Endprodukt	10
	<i>In vitro</i> Degradationstest Magnesium	11
	Prüfung der Schneideigenschaften von Fräsern	12
	Qualitätsprüfung von Verpackungen für Medizinprodukte und Lebensmittel	13
	Leachables & Extractables	14
	Zirkoniumoxid: Monokliner Phasenanteil und Mechanische Prüfungen	15
	PMI-Analyse metallischer und nichtmetallischer Werkstoffe	16
	Dynamische Prüfungen - kleine Lasten und optisches Deformationstracking	17
	Teilnahme an Ringversuchen	18
Forschung & Wissenstransfer	Dreifache Ehrung für den Forschungsleiter der RMS Foundation	19
	Bioceramics 33: Ein denkwürdiges und wirkungsvolles Treffen in der Schweiz	20
	Intelligentere Knochensubstitute entwickeln: Ein neuer Ansatz für die Knochenregeneration	21
	Korngrößenmessung keramischer Werkstoffe mittels maschinellem Lernen	22
	Knochenheilung: Ein neuer Ansatz zur Stimulierung der Knochenbildung	23
	Vom Studentenprojekt zur veröffentlichten Forschung	24
	Verschleisstestung von Polyethylen-Explantaten	25
	Fix-and-Replace bei Acetabulumfraktur mit Beckendiskontinuität: ein Vergleich	26
	Schraubenauswahl am Plattenende und Risiko später peri-implantärer Frakturen	27
	Auswertung von XRD-Daten vom Mars-Rover Curiosity	28
	Vorlesungen ETH Zürich	29
Anhang	Publikationen	30
	Publikationen aus externen Projekten (EFO) mit RMS-Unterstützung	30
	Eingeladene Vorträge	31
	Vorträge / Poster-Präsentationen	32
	Tagungsorganisation und Sessionsvorsitze	33
	Seminarvorträge in der RMS / Lehrtätigkeiten	34
	Auszeichnungen / Patente	35
	Personal	36

	Introduction	3
<b>General</b>	Values and Mission Statement of RMS	4
	New Building	5
	Organization of the congress «[MEET THE EXPERT] Implants»	6
	New Online Presence of the RMS Foundation	7
	Organisational Developments	8
Implementation of an Integrated Management System	9	
<b>Materials Testing &amp; Consulting</b>	Titanium for Additive Manufacturing: Effect of the Powder on the final Product	10
	<i>In vitro</i> magnesium degradation test	11
	Testing the cutting properties of milling tools	12
	Quality testing of packaging for medical devices and food products	13
	Leachables & Extractables	14
	Zirconia: Monoclinic Phase Content and Mechanical Testing	15
	PMI Analysis of Metallic and Non-Metallic Materials	16
	Dynamic testing- small loads and optical deformation tracking	17
	Participation in interlaboratory comparisons	18
<b>Research &amp; Knowledge Transfer</b>	Triple Honor for the RMS Foundation's Head of Research	19
	Bioceramics 33: A Memorable and Impactful Gathering in Switzerland	20
	Designing Smarter Bone Substitutes: A New Approach to Bone Regeneration	21
	Grain size measurement of ceramic materials using machine learning	22
	Advancing Bone Repair: A New Approach to Stimulating Bone Formation	23
	From Student Project to Published Research	24
	Polyethylene explant wear testing	25
	Fix-and-Replace in Acetabular Fracture with Pelvic Discontinuity: A Comparison	26
	Screw selection at the plate end and the risk of late peri-implant fractures	27
	Evaluation of XRD data from the Mars rover Curiosity	28
	Lectures ETH Zurich	29
	Appendix	30
Publications	30	
Publications on external projects (EFO) with RMS grant	30	
Invited talks	31	
Talks / Poster presentations	32	
Conference organization and session chairs	33	
Seminary talks at the RMS / Teaching activities	34	
Awards / Patents	35	
Personnel	36	



## Sehr geehrte Kunden, liebe Freunde und geschätzte Partner

Mit Freude präsentieren wir Ihnen den aktuellen Bericht der RMS Foundation – erstmals im neuen Dreijahres-Rhythmus. Sie mussten dieses Mal etwas länger auf Neuigkeiten aus der RMS warten, doch wir sind überzeugt: Das Warten hat sich gelohnt. In den Jahren 2022 bis 2024 hat sich bei uns viel bewegt, sowohl organisatorisch als auch inhaltlich.

Die vergangenen drei Jahre standen im Zeichen der Erneuerung und Weiterentwicklung. Wir haben unsere Organisationsstruktur gezielt neu ausgerichtet, um unsere drei Kernbereiche – Forschung, Wissenstransfer sowie Materialprüfung & Beratung – noch klarer zu positionieren. Gleichzeitig haben wir mit einem neuen Leitbild, das 2024 offiziell eingeführt wurde, unsere Identität geschärft und unseren Werten sowie unserer strategischen Ausrichtung einen festen Rahmen gegeben.

Ein weiterer Meilenstein war der Aufbau eines Integrierten Managementsystems, das nicht nur unsere Abläufe modernisiert, sondern auch die Digitalisierung unserer Prozesse vorangetrieben hat. Qualitätssicherung und kontinuierliche Verbesserung sind damit zukunftsfähig und praxisnah verankert.

Auch der fachliche Austausch kam nicht zu kurz: Mit der erfolgreichen Durchführung von zwei «[MEET THE EXPERT] Implants»-Tagungen und die 33. Edition von Bioceramics haben wir einen wichtigen Beitrag zum Dialog zwischen Forschung, Klinik und Industrie geleistet. Ein rundum erneuter Internetauftritt sorgt zudem für einen frischen und benutzerfreundlichen Zugang zu unseren Angeboten.

Im Bereich Forschung & Wissenstransfer konnten wir in den vergangenen drei Jahren zwei neue Doktorarbeiten starten, haben mit mehreren externen Forschenden zusammengearbeitet und mehrere Publikationen in renommierten wissenschaftlichen Fachzeitschriften veröffentlicht. Auch unser Dienstleistungsangebot haben wir gezielt weiterentwickelt: Es wurde um zusätzliche akkreditierte Prüfverfahren sowie neue, praxisorientierte Paketlösungen erweitert.

Ich lade Sie herzlich ein, auf den folgenden Seiten mehr über diese Entwicklungen zu erfahren. Viel Freude beim Lesen!

Aart Molenberg

Dear customers, friends, and valued partners,

It is with great pleasure that we present to you the latest report of the RMS Foundation — for the first time in a new three-year cycle. You had to wait a little longer than usual for news from RMS, but we are confident: it was well worth the wait. The years 2022 to 2024 have been a time of significant change and progress, both organisationally and in terms of our activities.

The past three years have been marked by renewal and further development. We have realigned our organizational structure to sharpen the focus on our three core areas: research, knowledge transfer, and services in material testing and consultancy. At the same time, we developed and introduced a new mission statement in 2024, which strengthens our identity and provides a clear framework for our values and strategic direction.

Another important milestone was the implementation of an integrated management system, which has modernised our internal processes and significantly advanced the digitalisation of our operations. This ensures sustainable, practical improvements in quality assurance and continuous development.

We have also remained committed to professional exchange: with the successful organisation of two «[MEET THE EXPERT] Implants» conferences and the 33<sup>rd</sup> edition of Bioceramics, we have fostered active dialogue between research, clinical practice, and industry. In addition, our completely redesigned website now offers a fresh, modern look and improved access to information about our services and activities.

In the area of Research & Knowledge transfer, we launched two new PhD projects, cooperated with several external researchers and published several articles in renowned scientific journals. We also expanded our service portfolio, adding further accredited testing methods and new, practice-oriented package solutions.

I warmly invite you to discover more about these developments in the following pages. Happy reading!



Abbildung:  
RMS-Team.

Figure:  
RMS-Team.

## Werte und Leitbild der RMS

### Values and Mission Statement of RMS

Um die Identität der RMS Foundation zu schärfen, der Organisation einen ethischen Kompass sowie einen strategischen Rahmen zu geben und ihr öffentliches Profil zu stärken, wurde 2023 die Entwicklung eines neuen Leitbilds initiiert. Unter der Leitung von Ben Schulz & Partner erarbeitete eine interdisziplinäre Gruppe aus Vertretungen der Geschäftsleitung, des Stiftungsrats und der Mitarbeitenden im November 2023 ein Leitbild mit fünf Kernwerten und einer Vision:

#### **Wir verstehen uns als Partner und Forscher in den Bereichen der Werkstoffe und der Medizintechnik.**

Wir arbeiten und handeln gemäss unseren **5 Kern-Werten**:

**Kompetenz:** Wir wissen wie und finden die Lösung.

**Leidenschaft:** Unsere Begeisterung ist ansteckend.

**Wertschätzung:** Wir erkennen die Arbeit und das Engagement anderer an.

**Weitsicht:** Wir handeln zukunftsorientiert und nachhaltig.

**Zuverlässigkeit:** Wir sind ein verlässlicher Partner.

Wir wünschen uns, dass alle, die mit uns zu tun haben, sagen können: «RMS bringt uns voran! Sie sind die Besten!»

Zur Einführung fand im März 2024 ein gemeinsamer Workshop mit allen Mitarbeitenden statt. Dabei wurden die Inhalte praxisnah vermittelt und verankert. Im Anschluss startete die «Leitbild Challenge»: Woche für Woche interpretierte eine Person aus der RMS einen der fünf Werte kreativ – etwa in Form eines Satzes, Bildes oder Symbols. Den Abschluss bildete ein gemeinsamer Znuni im November 2024.

Um das Leitbild im Arbeitsalltag sichtbar zu machen und langfristig zu verankern, wurden Poster gestaltet und an zentralen Orten innerhalb der Organisation angebracht. Das neue Leitbild bildet damit eine verbindende Grundlage für die Kultur, Kommunikation und Ausrichtung der RMS Foundation.

To sharpen the identity of the RMS Foundation, provide the organization with an ethical compass and a strategic framework, and strengthen its public profile, the development of a new mission statement was initiated in 2023. Under the guidance of Ben Schulz &

Partner, an interdisciplinary group comprising representatives of the executive management, the foundation board, and staff members developed a mission statement in November 2023, centered around five core values and a shared vision:

#### **We see ourselves as partners and researchers in the fields of materials and medical technology.**

We work and act according to our **five core values**:

**Competence:** We know how and find the solution.

**Passion:** Our enthusiasm is contagious.

**Recognition:** We value the work and engagement of others.

**Foresight:** We act in a future-oriented and sustainable way.

**Reliability:** We are reliable partners.

In the end, we hope that everyone who works with us can say: «RMS moves us forward. They are the best!»

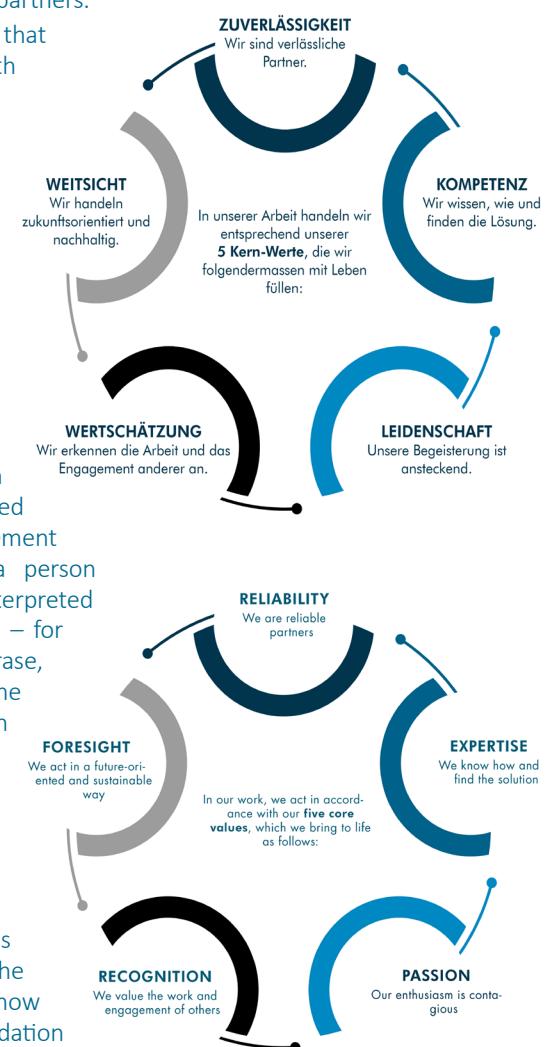
To introduce the new mission statement, a joint workshop with all RMS employees was held in March 2024. During the session, the core elements were communicated in a hands-on, practical way and firmly anchored within the team. This was followed by the «Mission Statement Challenge»: each week, a person from RMS creatively interpreted one of the five core values – for example, through a phrase, image, or symbol. The initiative concluded with a shared team breakfast (Znuni) in November 2024.

To keep the mission statement visible and present in day-to-day work, posters were designed and displayed in high-traffic areas across the organization. The new mission statement now serves as a unifying foundation for the culture, communication, and strategic direction of the RMS Foundation.

A. Molenberg  
M. Herger

Abbildungen:  
Unser Leitbild.

Figures:  
Our Mission Statement.



## Neubau

### New Building

R. Wirz  
A. Molenberg

Nach mehrjähriger Planung, intensiver Bauzeit und der Zusammenarbeit vieler Beteiligter steht die RMS Foundation kurz vor dem Abschluss ihres Neubauprojekts: dem neuen, modernen Laborgebäude. Der Neubau wurde notwendig, da die bisherigen Räumlichkeiten sowohl platzmässig als auch technisch an ihre Grenzen stiessen.

Die Planung und Realisierung übernahm das Architekturbüro Erard aus Grenchen. Finanziert wurde das Bauvorhaben durch eine Spende von Esther und Robert Mathys, die damit einen bedeutenden Beitrag zur Weiterentwicklung der Stiftung geleistet haben – wofür wir herzlich danken.

Der Neubau wird den Mitarbeitenden grosszügige, lichtdurchflutete Labore mit zeitgemässer technischer Ausstattung bieten. Damit verbessern sich nicht nur die Arbeitsbedingungen für Forschung und Entwicklung, auch die Materialprüfung im Dienstleistungsbereich kann künftig deutlich effizienter erfolgen. Zudem wird beim Bau auf Nachhaltigkeit geachtet – unter anderem durch eine energieeffiziente Gebäudetechnik und die Installation einer Photovoltaikanlage.

Der Umzug in das neue Gebäude ist aktuell in Vorbereitung. Ziel ist es, die Betriebsunterbrechung auf eine Woche zu begrenzen. In der Woche davor und danach wird der Betrieb eingeschränkt weiterlaufen. Dank sorgfältiger Planung und dem engagierten Einsatz aller Mitarbeitenden soll der Übergang so reibungslos wie möglich verlaufen.

Mit dem neuen Laborgebäude schafft die RMS Foundation nicht nur zusätzlichen Raum, sondern setzt auch ein Zeichen für zukunftsorientiertes Arbeiten in einer modernen Arbeitsumgebung.

Following several years of planning and intensive construction work involving numerous contributors, the RMS Foundation is now approaching the final stages of its new laboratory building project. The decision to build a new facility was driven by the need for more space and modern infrastructure, as the previous premises had reached their capacity both functionally and technologically.

The architectural planning and execution have been carried out by architecture / construction management Erard in Grenchen. The construction has been made possible through a gener-

ous donation from Esther and Robert Mathys, whose support represents a significant contribution to the foundation's continued development. We are sincerely grateful for their commitment.

The new building will provide bright, spacious laboratories equipped with cutting-edge technology, offering improved working conditions for research and development. It will also en-



able more efficient materials testing within our service operations. Sustainability is a key consideration throughout the project, with energy-efficient systems and a photovoltaic installation forming part of the building's infrastructure.

Preparations for the relocation to the new facility are currently in progress. The plan is to limit service interruption to a single week, with reduced operations one week before and after. Thanks to careful planning and the dedicated efforts of our team, the transition is expected to be smooth and well-coordinated.

The new laboratory building marks an important step forward for the RMS Foundation—providing space for growth, modern working conditions, and a solid foundation for future innovation.

**Abbildung:**  
Das neue Gebäude auf der Zielgeraden.

**Figure:**  
The new building is in its final phase.

## Organisation der Konferenz «[MEET THE EXPERT] Implants» Organization of the congress «[MEET THE EXPERT] Implants»

In Einklang mit ihrem Stiftungszweck engagiert sich die RMS Foundation seit vielen Jahren in der Förderung von Ausbildung und Technologietransfer. Ein zentrales Element dieses Engagements ist die Veranstaltungsreihe «[MEET THE EXPERT] Implants», die seit 2009 regelmässig durchgeführt wird. Die Konferenz bietet eine Plattform für den aktiven Austausch zwischen Fachpersonen aus Forschung, Klinik und Industrie im Bereich Implantattechnologie. Seit 2018 steht die Veranstaltung unter dem Motto «Materials and Surface Technology for Implants». Sie umfasst Keynote-Vorträge, wissenschaftliche Präsentationen und Poster-Sessions. Begleitend dazu präsentieren Unternehmen und Institutionen ihre Produkte und Dienstleistungen in einer Fachausstellung. Damit fördert die Veranstaltung nicht nur den Wissenstransfer, sondern auch die interdisziplinäre Vernetzung zwischen Forschung und Anwendung. In den letzten Jahren hat sich ein Zweijahresrhythmus etabliert: die 12. «[MEET THE EXPERT] Implants» fand am 8. September 2022 an der FHNW Campus Muttenz statt mit 130 Teilnehmenden, 23 Beiträgen (Vorträge und Poster) und 24 ausstellenden Firmen und Institutionen. Die 13. «[MEET THE EXPERT] Implants» fand am 5. November 2024 im Konzertsaal Solothurn statt mit 117 Teilnehmenden, 25 Beiträgen und 16 Ausstellern.

Das Vortragsprogramm wird jeweils von einem wissenschaftlichen Komitee zusammengestellt, dem Vertreterinnen und Vertreter von Implantatherstellern, Zulieferern, Dienstleistern und Hochschulen angehören. Diese interdisziplinäre Ausrichtung garantiert eine hohe Relevanz der Inhalte für ein breites Fachpublikum. Die RMS Foundation wird diese etablierte Plattform auch in Zukunft weiterführen und weiterentwickeln, um den Austausch von Wissen und die Förderung innovativer Lösungen im Bereich der Implantatmaterialien nachhaltig zu unterstützen.



In line with its foundation purpose, the RMS Foundation has been committed for many years to promoting education and technology transfer. A key element of this commitment is the «[MEET THE EXPERT] Implants» conference series, which has been held regularly since 2009. This event provides a platform for active exchange between experts from research, clinical practice, and industry in the field of implant

A. Molenberg  
R. Wirz  
C. Stähli  
T. Imwinkelried  
S. Jakobs  
N. Döbelin  
R. Heuberger



technology. Since 2018, the event has been held under the theme «Materials and Surface Technology for Implants». It features keynote lectures, scientific presentations, and poster sessions. In addition, companies and institutions present their products and services in a professional exhibition. The event thus fosters both knowledge transfer and interdisciplinary networking between science and practical application. In recent years, a biennial rhythm has become established: The 12<sup>th</sup> «[MEET THE EXPERT] Implants» took place on 8 September 2022 at the FHNW Campus Muttenz with 130 participants, 23 contributions (oral and poster presentations), and 24 exhibiting companies and institutions. The 13<sup>th</sup> edition was held on 5 November 2024 at the Concert Hall in Solothurn, attracting 117 participants, 25 presentations, and 16 exhibitors. The scientific program is compiled by a dedicated committee composed of representatives from implant manufacturers, suppliers, service providers, and academic institutions. This interdisciplinary setup ensures the high relevance of the content for a broad professional audience. The RMS Foundation will continue to maintain and develop this established platform in the future – supporting the exchange of knowledge and the promotion of innovative solutions in the field of implant materials in a sustainable and impactful way.

**Abbildungen:**  
Oben: Begrüssung an der Konferenz in Solothurn.  
Links: Fachgespräche in der Ausstellung.

**Figures:**  
Top: Welcome message at the conference in Solothurn.  
Left: Expert discussions in the exhibition.

## Neue Homepage der RMS Foundation

### New Online Presence of the RMS Foundation

A. Molenberg

R. Wirz

J. Ettlin

C. Haldi

**Abbildung:**

*Frischer Auftritt: Die neue Startseite der RMS Foundation.*

**Figure:**

*Fresh look: the new homepage of the RMS Foundation.*

**S**ein dem 17. Oktober 2024 ist unsere vollständig überarbeitete Website [www.rms-foundation.ch](http://www.rms-foundation.ch) online. Mit einem frischen, modernen Design und einer klaren Struktur bietet sie einen deutlich verbesserten Zugang zu Informationen über unsere Angebote und Aktivitäten.

Im Vergleich zur früheren Version präsentiert sich die neue Website heller, benutzerfreundlicher und zeitgemässer. Grossformatige Bilder gewähren authentische Einblicke in unsere tägliche Arbeit und zeigen unser Team im Einsatz mit modernster Prüftechnologie. Texte und Navigation wurden so gestaltet, dass sich Kundinnen und Kunden sowie Interessierte rasch und unkompliziert über unsere drei Säulen informieren können: Materialprüfung & Beratung, Forschung und Wissenstransfer; ebenso über die RMS Foundation als Institution.

Im Bereich Wissenstransfer finden Sie Informationen zu Ausbildungswegen – von der Berufslehre bis zur Promotion – sowie zu Fachvorträgen und sämtlichen «[MEET THE EXPERT] Implants» - Veranstaltungen seit 2009.

tierung und ISO 9001-Zertifizierung.

Mit dieser erweiterten Informationsplattform möchten wir eine fundierte Anlaufstelle schaffen – für Kundinnen und Kunden ebenso wie für Forschende, Studierende und Projektpartner.

**A**s of October 17, 2024, our fully redesigned website [www.rms-foundation.ch](http://www.rms-foundation.ch) is online. With a fresh, modern look and a clear structure, the new site offers significantly improved access to information about our services and activities.

Compared to the previous version, the new website is brighter, more user-friendly, and visually appealing. Large images provide authentic insights into our daily work and showcase our expert team using state-of-the-art analysis systems. Both content and navigation have been designed to help customers and interested visitors quickly and easily learn more about the RMS Foundation itself and our three pillars: Materials Testing & Consulting, Research, and Knowledge Transfer.

In the Knowledge Transfer section, you will find information on educational opportunities at RMS – from apprenticeships to PhD-level training – along with recorded lectures by our staff and program booklets and abstracts from all «[MEET THE EXPERT] Implants» events since 2009.

The Research section outlines our research priorities, opportunities for collaborative projects with financial and/or material support, and a full list of our peer-reviewed scientific publications.

Under Materials Testing & Consulting, we provide detailed service descriptions including testing methods, applicable standards, and typical use cases. You will also find information on our ISO/IEC 17025 accreditation and ISO 9001 certification, as well as industry-specific solutions for sectors such as medical technology, watchmaking & jewelry, mechanical engineering, automotive, and polymers.

With this expanded content, our goal is to make the website a reliable point of reference – not only for customers, but also for researchers, students, and project partners.



## Ihr zertifiziertes Materialprüfabor

Unter Forschung stellen wir unsere Schwerpunkte, Kooperationsmöglichkeiten sowie eine Übersicht aller wissenschaftlichen Publikationen vor.

Der Bereich Materialprüfung & Beratung bietet detaillierte Leistungsbeschreibungen, branchenspezifische Lösungen sowie Informationen zu unserer ISO/IEC 17025-Akkredi-

## Organisatorisches Organisational Developments

Zwischen 2022 und 2024 hat die RMS Foundation wichtige personelle und strukturelle Veränderungen durchlaufen. Nach dem Rücktritt des seit Dezember 2021 amtierenden Geschäftsführers per Ende November 2022 wurde die operative Leitung interimistisch durch die Geschäftsleitung übernommen. Mit der Anstellung von Dr. Aart Molenberg per 1. Juni 2023, einem erfahrenen Medizintechnik-Manager mit Leitungserfahrung in einem akkreditierten Prüflabor, wurde die Übergangsphase beendet. Parallel dazu wurde eine neue Organisationsstruktur entwickelt und per 1. Oktober 2023 eingeführt. Sie schafft klare Zuständigkeiten für die beiden Kernbereiche Forschung & Wissenstransfer sowie Materialprüfung & Beratung und bündelt unterstützende Funktionen wie Qualitätsmanagement, Finanzen, HR und ICT unter der Gruppe Unterstützende Dienste & Qualitätsmanagement. Die nun fünfköpfige Geschäftsleitung – bestehend aus Stiftungsratspräsidentin, den drei Bereichsleitungen und dem Geschäftsführer – verantwortet die operative Führung der Stiftung.

Das überarbeitete Geschäftsreglement stärkt die Rolle der Geschäftsleitung und legt den Fokus verstärkt auf Forschung und Wissenstransfer. Im Jahr 2024 wurden die neuen Strukturen konsolidiert: Bereichsübergreifende Teams haben sich etabliert und zentrale Projekte wie die Einführung von ELIZA (Managementtool), der Neubau, ein verstärktes Marketing oder die Tagung «[MEET THE EXPERT] Implants» erfolgreich in Angriff genommen. Zudem konnten wir für bevorstehende Pensionierungen frühzeitig qualifizierte Nachfolgelösungen sichern und neue, hochkompetente Mitarbeitende gewinnen.

Between 2022 and 2024, the RMS Foundation underwent significant personnel and structural changes. Following the resignation of the Managing Director, who had been in office since December 2021, the executive management temporarily took over operational leadership until the appointment of Dr. Aart Molenberg on 1 June 2023. Dr. Molenberg brings extensive experience in the medical device industry and in managing an accredited testing laboratory, thus successfully concluding the interim period.

In parallel, a new organizational structure was developed and implemented on 1 Octo-

ber 2023. It clearly defines responsibilities for the foundation's two core areas – Research & Knowledge Transfer and Materials Testing & Consulting – while consolidating supporting functions such as Quality Management, Finance, HR, and ICT within the unit Support Services & Quality Management. The now five-member Executive Management – comprising the Chair of the Foundation Board, the three department heads, and the Managing Director – is responsible for the foundation's operational leadership. The revised governance regulations strengthen the role of the executive team and place greater emphasis on research and knowledge transfer.

A. Molenberg  
M. Bohner



*Abbildung:  
Symbolischer  
Moment: Aart  
Molenberg (links)  
übernimmt die Ge-  
schäftsleitung von  
seinem ad-interim-  
Vorgänger Marc  
Bohner (rechts).*

In 2024, the new structures were consolidated: cross-functional teams became established and key projects such as the implementation of ELIZA (management tool), the new building, expanded marketing efforts, and the «[MEET THE EXPERT] Implants» conference were successfully launched. In addition, we secured timely succession solutions for upcoming retirements by recruiting highly qualified new staff.

*Figure:  
Symbolic handover:  
Aart Molenberg (left)  
assumes the role of  
CEO from interim pre-  
decessor Marc Bohner  
(right).*

## Einführung eines Integrierten Managementsystems Implementation of an Integrated Management System

M. Herger  
A. Molenberg

In the period 2023–2024, we implemented the digital management tool ELIZA to map our quality and documentation processes in a compliant, efficient, and digital manner according to ISO 9001 and ISO/IEC 17025. The platform integrates key functions from quality management, laboratory accreditation, risk management, document control, personnel development, and continuous improvement.

unseres Managementsystems und leistet einen nachhaltigen Beitrag zur Qualitätssicherung und kontinuierlichen Verbesserung bei der RMS.

In the period 2023–2024, with support from easysteps consulting, we implemented the digital management tool ELIZA to map our quality and documentation processes in a compliant, efficient, and digital manner according to ISO 9001 and ISO/IEC 17025. The platform integrates key functions from quality management, laboratory accreditation, risk management, document control, personnel development, and continuous improvement.



Abbildung: Managementtool ELIZA.

Figure: Management tool ELIZA.

Die Einführung von ELIZA wurde genutzt, um sämtliche Prozesse kritisch zu hinterfragen und gezielt zu optimieren. Nach dem Aufbau einer strukturierten Prozesslandschaft wurden alle relevanten Informationen – von Prozessen über Dokumente bis zu Sitzungsprotokollen und Funktionsbeschreibungen – in ELIZA überführt und dort zentral verwaltet. Der damit verbundene Ressourceneinsatz hat sich klar ausgezahlt: Die Anzahl qualitätsrelevanter Dokumente wurde um rund 54 % reduziert, und die Auffindbarkeit auditrelevanter und weiterer Informationen hat sich deutlich verbessert.

Die Einführung von ELIZA markiert einen zentralen Schritt in der digitalen Transformation

paid off: the number of quality-relevant documents was reduced by approximately 54 %, and the accessibility of audit-relevant and other key information has improved significantly.

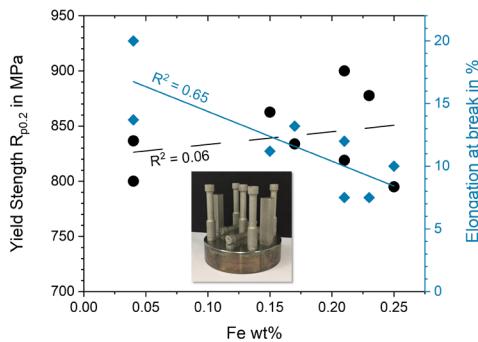
The implementation of ELIZA represents a major step in the digital transformation of our management system and makes a lasting contribution to quality assurance and continuous improvement at RMS.

## Titan für die Additive Fertigung: Einfluss des Pulvers auf das Endprodukt

### Titanium for Additive Manufacturing: Effect of the Powder on the final Product

In einer früheren Studie (RMS-Bericht 2022) wurde gezeigt, dass die Herkunft des Titanpulvers, dessen Feuchtigkeitsgehalt sowie Prozessparameter wie die Druckrichtung einen grossen Einfluss auf die Eigenschaften additiv gefertigter Proben haben.

Die Zusammensetzung von Titanpulver, das für die additive Fertigung verwendet wird, variiert nicht nur zwischen verschiedenen Lieferanten, sondern auch von Charge zu Charge. In dieser Folgestudie wurde der Einfluss der Eisen-, Kohlenstoff- und Sauerstoffkonzentrationen im Pulver auf die mechanischen Eigenschaften von Zugproben untersucht, die mittels «Selective Laser Melting» (SLM, Mysint100 RM, SISMA S.p.A. am Swiss m4m Center) hergestellt wurden. Um Oberflächeneffekte und Eigenspannungen zu reduzieren, wurden alle Proben nach der Herstellung mechanisch nachbearbeitet und einer Wärmebehandlung unterzogen.



Der Eisengehalt in den Pulvern lag zwischen 0.04 und 0.25 wt%. Die Kohlenstoff- und Sauerstoffgehalte variierten zwischen 0.01 und 0.08 wt% bzw. 0.07 und 0.13 wt%. Pulver mit höherem Eisengehalt wiesen in der Regel auch höhere Kohlenstoff- und Sauerstoffwerte auf. Die Dehngrenze  $R_{p0,2}$  war für alle Pulver ähnlich und lag im Durchschnitt bei  $841 \pm 37$  MPa (Abb.). Im Gegensatz dazu zeigte sich bei zunehmendem Eisengehalt ein Trend zu geringerer Duktilität. Die Bruchdehnung betrug bei niedrigen Eisenkonzentrationen 13 bis 20 % und sank bei höheren Konzentrationen auf 7 bis 12 %.

Additiv gefertigte Bauteile weisen andere mechanische Eigenschaften auf als konvention-

nell hergestellte Werkstoffe, wobei es aufgrund unterschiedlicher Pulverzusammensetzungen und Fertigungsparameter zu grösseren Schwankungen kommen kann. Dies muss bei der Dimensionierung berücksichtigt werden. Um sowohl die Pulverqualität als auch die Leistungsfähigkeit des Endprodukts zu bewerten, ist eine umfassende Prüfung unerlässlich.

Y. Brandt  
S. Röthlisberger  
R. Heuberger

in collaboration with  
N. Boudaban and R. Nardini  
(Swiss m4m Center, Bettlach)

In a previous study (presented in the RMS Report 2022), it was shown that the source of titanium powder, its moisture content, and printing parameters such as the printing direction significantly affect the properties of additively manufactured test samples.

The composition of titanium powder used for additive manufacturing varies not only between suppliers but also between production batches. This follow-up study investigated the influence of iron, carbon, and oxygen concentrations in the powder on the mechanical properties of additively manufactured tensile samples - produced via selective laser melting (SLM, Mysint100 RM, SISMA S.p.A. at Swiss m4m Center). To minimise surface effects and residual stresses, all samples were mechanically finished on a lathe and annealed after printing.

The iron content in the powders ranged from 0.04 to 0.25 wt%. Carbon and oxygen concentrations varied from 0.01 to 0.08 wt% and from 0.07 to 0.13 wt%, respectively. Powders with higher iron content generally exhibited higher carbon and oxygen levels as well.

The yield strength  $R_{p0,2}$  was similar for all powders, averaging  $841 \pm 37$  MPa (see Figure). In contrast, a trend toward reduced ductility was observed with increasing iron content. Elongation at break was 13 and 20 % at low iron concentrations and decreased to 7 to 12 % at higher levels.

Additively manufactured components exhibit different mechanical properties compared to wrought materials, with potentially greater variability due to differences in powder composition and processing parameters. These factors must be considered during design and dimensioning. Testing remains essential to assess both the powder quality and the performance of the final product.

Abbildung:  
Mechanische Eigenschaften von  
Zugproben, welche additiv aus  
Titanpulver mit variierenden  
Eisenkonzentrationen hergestellt  
wurden.

Figure:  
Mechanical properties of  
additively manufactured tensile  
samples produced from titanium  
powders with varying iron con-  
centrations.

## *In vitro Degradationstest Magnesium*

### *In vitro magnesium degradation test*

T. Imwinkelried

**R**MS Foundation hat Erfahrung mit der Durchführung von *in vitro* Degradations- tests für biodegradierbare Magnesium-Implantate. Der ursprüngliche Versuchsaufbau eines Kunden (Abb. oben) bestand aus einzelnen Flaschen mit simulierter Körperflüssigkeit (SBF) und umgedrehten Messzyllindern zur Bestimmung der Gasfreisetzung und des Massenverlusts. Die Validierung dieses

**R**MS Foundation is experienced in carrying out *in vitro* degradation tests for biodegradable magnesium implants. One customer's original test setup (Fig. top) consisted of individual bottles of simulated body fluid (SBF) and inverted measuring cylinders to determine gas release and mass loss. The validation of this experiment failed because the degradation rate with the used TRIS buffer showed large fluctuations and was therefore not reproducible.

The test set-up was then changed to comply with the new ASTM F3268 standard. An incubator was purchased and the WK73273 interlaboratory test based on this standard was used as a guideline. The controlled CO<sub>2</sub> atmosphere in the incubator allows the pH value to be buffered as in the body. The validation of this new test set-up was successfully carried out to determine the measurement uncertainties. This new test procedure will be offered to customers as of 2025.



Versuchs misslang, da die Degradationsrate mit dem verwendeten TRIS-Puffer grosse Schwankungen aufwies und somit nicht reproduzierbar war.

Die Versuchsanordnung wurde daraufhin umgestellt, um der neuen Norm ASTM F3268 zu entsprechen. Ein Inkubator wurde angeschafft und der auf dieser Norm basierende Ringversuch WK73273 befolgt. Durch die kontrollierte CO<sub>2</sub>-Atmosphäre im Inkubator lässt sich der pH-Wert wie im Körper puffern. Die Validierung dieser neuen Versuchsanordnung wurde erfolgreich durchgeführt und ab 2025 wird dieses neue Testverfahren den Kunden angeboten.



**Abbildungen:**

**Oben:** Ursprünglicher Versuchsaufbau mit Wasserbad.

**Rechts:** Inkubator mit Proben in Bechergläsern.

**Figures:**

**Top:** Original experimental setup with water bath.

**Right:** Incubator with samples in beakers.

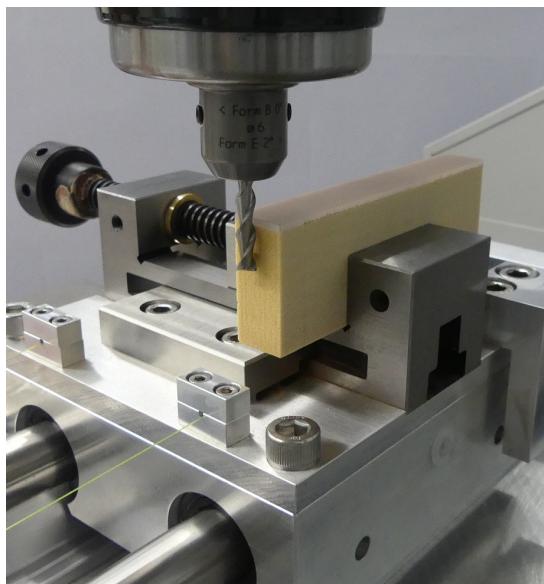
## Prüfung der Schneideigenschaften von Fräsern

### Testing the cutting properties of milling tools

**B**asierend auf unserer Erfahrung aus zahlreichen Verschleisstests an Bohrern haben wir einen Prüfstand zur Analyse der Schneideigenschaften von Fräsern entwickelt, der den Vergleich verschiedener Fräser-Designs ermöglicht. Der Prüfstand drückt das zu bearbeitende Material über einen reibungsarmen Seilmechanismus mit definierbarer Kraft seitlich gegen das Werkzeug. Ein Laserdistanz-

wichtige Erkenntnisse zur Haltbarkeit und Effizienz des Fräserdesigns – und ermöglicht Entscheidungen auf einer soliden Datenbasis.

S. Jakobs  
S. Röthlisberger  
R.Gilgen

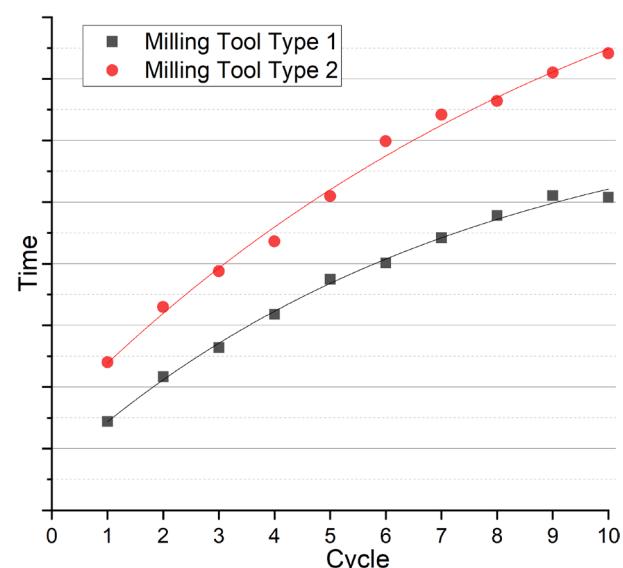


sensor erfasst den verfahrenen Weg präzise, wodurch sich zusammen mit der Zeitmessung die Schnittgeschwindigkeit exakt berechnen lässt. Diese sehr reproduzierbare Bestimmung erlaubt den Vergleich verschiedener Fräser hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit und Standzeit. Unsere Werkzeugmaschine ist dabei ein zuverlässiges Hilfsmittel für präzise Tests mit einer breiten Palette von Materialien. So lassen sich Frästests mit Stahl-, Guss- und Aluminiumlegierungen sowie mit Kunststoffen durchführen. In der Medizintechnik setzen wir beispielsweise Knochenmodelle aus Polyurethan-Schaum ein, die durch eine Epoxy-Platte verstärkt werden, um einen Knochen mit Kortikalis zu simulieren (Abb. links). Ein bewährtes Verfahren in unserer Prüfpraxis ist die wiederholte Durchführung geradliniger Schneidaufgaben, bei denen wir die Veränderung der benötigten Zeit pro Durchgang messen (Abb. rechts). Häufig wenden wir auch das in der chinesischen Norm YY 91064 für Dentalbohrer festgelegte Testverfahren an: Zunächst wird in ein PMMA-Plättchen gefräst, anschliessend in ein abrasives Material und danach erneut in ein PMMA-Plättchen. Die daraus resultierende Zunahme der Fräsezeit liefert

**W**ith the experience gained from numerous wear tests on drills, we have developed a test setup for analyzing the cutting performance of milling tools, enabling the comparison of different designs. The set-up uses a low-friction wire mechanism to press the material to be machined laterally against the tool with a configurable force. A laser displacement sensor precisely records the travel distance, which, together with time measurement, allows for accurate calculation of the cutting speed. This highly reproducible measurement enables reliable comparison of different milling tools in terms of performance and tool life. Our tooling machine provides a reliable platform for accurate testing across a broad range of materials. Milling tests can be performed on steel, cast iron, and aluminum alloys, as well as on plastics. In medical technology, for example, we use polyurethane foam blocks reinforced with an epoxy plate to simulate bone with a cortical layer (Fig. left). A well-established method in our testing practice is the repeated execution of linear cutting tasks, where we measure the change in time required for each pass (Fig. bottom). We also frequently apply the test procedure defined in the Chinese standard YY 91064 for dental drills: milling is first carried out in a PMMA plate, then in an abrasive material, and finally again in a PMMA plate. The resulting increase in milling time provides valuable insights into the durability and efficiency of the milling cutter design, allowing decisions to be made based on solid data.

**Abbildungen:**  
Links: Fräsprüfstand mit eingespanntem Knochenmodell aus Polyurethanschaum und Epoxy-Verbundmaterial, wie es häufig in der Medizintechnik Verwendung findet.  
Unten: Entwicklung der Bearbeitungszeit für eine definierte Distanz bei zwei Fräserdesigns. Der geringere Anstieg der Zeit bei Typ 1 weist auf einen langsameren Werkzeugverschleiss hin.

**Figures:**  
Left: Milling test setup with clamped bone model made of polyurethane foam and epoxy composite material, as it is often used in medical technology.  
Bottom: Development of the cutting time for a defined distance with two milling tool designs. The smaller increase in time for type 1 indicates slower tool wear.



## Qualitätsprüfung von Verpackungen für Medizinprodukte und Lebensmittel Quality testing of packaging for medical devices and food products

L. Tasneem



Die Qualität von Verpackungen ist entscheidend, um Produkte zuverlässig zu schützen und ihre Unversehrtheit bis zum Endverbraucher zu gewährleisten. Um sicherzustellen, dass Versiegelung und Material den Anforderungen entsprechen, setzen wir verschiedene standardisierte Prüfverfahren ein.

In den letzten Jahren haben wir unser Angebot kontinuierlich ausgebaut und bieten heute folgende Tests an:

### **Sichtprüfung (ASTM F1886/F1886M)**

Visuelle Kontrolle der Siegelnähte zur Erkennung von Auffälligkeiten wie inhomogener Versiegelung, Überschlägen oder Löchern.

### **Dichtigkeitsprüfung mit Farbeindrückung (ASTM D1929 / F3039)**

Eine Prüflüssigkeit macht Undichtigkeiten in der Siegelnäht ab ca. 50 µm durch Kapillarwirkung sichtbar. Je nach Verpackungstyp werden unterschiedliche Flüssigkeiten für poröse bzw. nichtporöse Materialien eingesetzt.

### **Mechanische Siegelnahtfestigkeit (ASTM F88/F88M, ASTM F2824)**

Zugversuche an Probestreifen oder das Abziehen eines Deckels unter einem Winkel von 45° prüfen die Festigkeit und Gleichmäßigkeit der Siegelnäht.

### **Blasenemissionstest (ASTM D3078)**

Die Verpackung wird in ein Wasserbad gelegt und Unterdruck ausgesetzt. Blasen zeigen Undichtigkeiten an. Diese Methode eignet sich besonders für flexible Verpackungen mit eingeschlossenem Gasvolumen.

### **Berst- und Kriechversuche (ASTM F1140/F1140M, F2054/F2054M)**

Diese Prüfungen simulieren mechanische Belastungen, wie sie bei Transport und Lagerung oder der Sterilisation auftreten können. Beim Berstversuch wird die Verpackung so lange mit Druckluft gefüllt, bis sie versagt. Der Kriechversuch hingegen prüft, ob die Verpackung einem konstanten Druck über einen definierten Zeitraum standhält.

### **Durchstossprüfung (ASTM F1306, EN 14477)**

Hierbei wird das Verpackungsmaterial mit einem genormten Dorn durchstochen, um die Durchstossfestigkeit von Verpackungsmaterialien für Produkte mit scharfen Kanten zu ermitteln.

materials meet the necessary requirements, we apply various standardized test methods. Over the past years, we have continuously expanded our portfolio and now offer the following tests.

### **Visual Inspection (ASTM F1886/F1886M)**

Visual examination of seals to detect irregularities such as inhomogeneous sealing, folds, or holes.

### **Dye Penetration Leak Test (ASTM D1929 / F3039)**

A test fluid reveals leaks in the seal seam of approx. 50 µm or larger through capillary action. Depending on the packaging type, different solutions are used for porous and non-porous materials.

### **Mechanical Seal Strength (ASTM F88/F88M, ASTM F2824)**

Tensile testing of specimen strips or peeling of a lid at a 45° angle assesses the strength and uniformity of the seal.

### **Bubble Emission Test (ASTM D3078)**

The package is submerged in a water bath and exposed to vacuum. The appearance of bubbles indicates leakage. This method is particularly suitable for flexible packages with enclosed gas volumes.

### **Burst and Creep Testing (ASTM F1140/F1140M, F2054/F2054M)**

These tests simulate mechanical stresses that may occur during transport, storage, or sterilization. In the burst test, the package is inflated with pressurized air until failure occurs. The creep test evaluates whether the package withstands constant pressure over a defined period.

### **Puncture Resistance Test (ASTM F1306, EN 14477)**

A standardized probe penetrates the packaging material to determine puncture resistance, particularly relevant for packaging products with sharp edges.



#### Abbildungen:

Oben: Eingespannte Probe zur Prüfung der Siegelnahlfestigkeit.

Rechts: Mit Testflüssigkeit gefüllte Probe und Folierbrettchen zur Prüfung der Siegelnahtdichtigkeit.

#### Figures:

Top: Clamped specimen for testing the seal seam strength.

Right: Specimen filled with test liquid and foil plate for testing the seal seam integrity.

The quality of packaging is crucial to reliably protect products and ensure their integrity until they reach the end user. To verify that seals and

Leachables & Extractables – Erweiterung unserer Analysekomp petenz für mehr Produktsicherheit

## Leachables & Extractables – Expanding Our Analytical Expertise for Greater Product Safety

In den vergangenen drei Jahren hat die RMS Foundation ihre Kompetenz im Bereich der Leachables- und Extractables-Analytik (L&E) gezielt ausgebaut. Dieser Fachbereich gewinnt stetig an Bedeutung, da Hersteller aus Medizintechnik, Verpackung, Elektronik oder Konsumgütern zunehmend regulatorischen Anforderungen zur Sicherheit ausgesetzt sind. Die Herausforderung liegt darin, potenziell migrierende Stoffe – sogenannte Leachables oder Extractables – zuverlässig zu erfassen, zu bewerten und regulatorisch einzuordnen. L&E-Studien dienen dazu, Additive, Abbauprodukte oder Verunreinigungen aus Materialien wie Kunststoffen, Metallen oder Verbundwerkstoffen gezielt zu extrahieren. Mögliche Extraktionsverfahren sind Soxhlet, Ultraschall oder Extraktion durch Inkubation unter kontrollierten Bedingungen. Die Auswahl der geeigneten Methode sowie der richtigen Lösungsmittel erfolgt dabei stets in enger Abstimmung mit unseren Kunden – individuell angepasst an Produkt, Material und Verwendungszweck.

Ein wesentlicher technologischer Fortschritt ist die Einführung der GC-MS/MS (Gaschromatographie gekoppelt mit Tandem-Massenspektrometrie). Diese hochsensitive Analysemethode ermöglicht uns die zuverlässige Detektion und Quantifizierung organischer Substanzen – selbst im Spurenbereich. Ergänzt wird das Analysepektrum durch ICP-MS zur Schwermetallbestimmung, TOC/TN für organische Rückstände sowie FT-IR und XRF zur Materialcharakterisierung.

Ziel unserer Analysen ist die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben wie ISO 10993, RoHS, REACH oder USP <232>/<233>. Dabei stehen unter anderem Weichmacher (Phthalate), Flammschutzmittel, Schwermetalle oder Rückstände aus Sterilisation und Verarbeitung im Fokus.

Mit der Erweiterung unseres L&E-Angebots setzen wir einen wichtigen Meilenstein in der analytischen Produktprüfung. Wir leisten damit einen aktiven Beitrag zur Produktsicherheit und unterstützen unsere Kunden bei der normgerechten Markteinführung ihrer Produkte.

Over the past three years, RMS Foundation has systematically expanded its expertise in the field of Leachables and Extractables (L&E) analysis. This area is becoming increasingly important as manufacturers in medical technology, packaging, electronics, and consumer goods face growing regulatory demands regarding product safety. The challenge lies in reliably detecting, evaluating, and classifying potentially migrating substances—known as leachables or extractables.

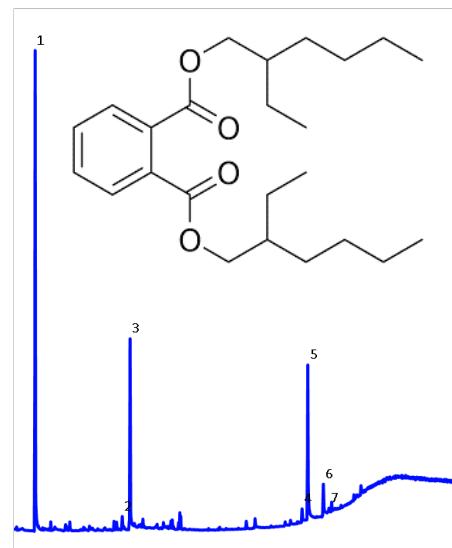
L&E studies are designed to selectively extract additives, degradation products, or impurities from materials such as plastics, metals, or composites. Possible extraction techniques include Soxhlet, ultrasonic treatment, or incubation under controlled conditions. The selection of the most suitable method and solvent is always made in close coordination with our clients—tailored to the specific product, material, and intended application.

A major technological advancement has been the introduction of GC-MS/MS (Gas Chromatography coupled with Tandem Mass Spectrometry). This highly sensitive analytical method enables the reliable detection and quantification of organic compounds—even at trace levels. Our analytical capabilities are further complemented by ICP-MS for heavy metal determination, TOC/TN for organic residues, as well as FT-IR and XRF for material characterization.

The goal of our analyses is to ensure compliance with relevant regulatory standards such as ISO 10993, RoHS, REACH, or USP <232>/<233>. Our focus includes substances such as plasticizers (phthalates), flame retardants, heavy metals, and residues from sterilization or manufacturing processes.

With the expansion of our L&E services, we have set an important milestone in analytical product testing. We are making an active contribution to product safety and supporting our clients in the compliant market launch of their products.

*R. Wirz*  
*L. Rishikeswaran*



*Abbildung:*  
Chromatogramm einer PVC-Probe mit signifikanten Mengen an Bis(2-Ethylhexyl) Phthalat-Weichmacher (Peak 5).

*Figure: Chromatogram of a PVC sample where significant amounts of bis (2-ethylhexyl) phthalate plasticizer (peak 5) were detected.*

## Zirkoniumoxid: Monokliner Phasenanteil und Mechanische Prüfungen

### Zirconia: Monoclinic Phase Content and Mechanical Testing

N. Döbelin  
S. Jakobs

**Abbildungen:**  
Unten: Die Monokline Phase (grün) entsteht aus der 3Y-TZP-Kristallstruktur entweder durch mechanische Belastung oder durch Einwirkung von Feuchtigkeit und Wärme; sie ist mechanisch deutlich schwächer.

Rechts: Versuchsaufbau zur Bestimmung der Biegefestigkeit keramischer Proben (ISO 14704, Probe in weiß unten links). Die Rollen haben etwas Spielraum zur freien Bewegung während die Last von oben aufgebracht wird.

**Figures:**  
Bottom: The monoclinic phase (green) is formed from the 3Y-TZP crystal structure either by mechanical forces, or by the action of moisture and heat; it is mechanically much weaker.

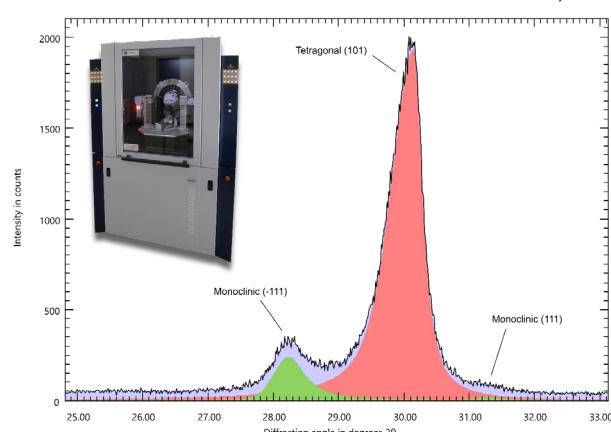
Right: Test setup for determining the flexural strength of ceramic samples (ISO 14704, sample in white in the bottom left). The rollers have some room to move freely while the load is applied from above.

**Y**trium-stabilisiertes tetragonales Zirkoniumdioxid (3Y-TZP) zählt zu den bedeutendsten keramischen Werkstoffen in der Medizintechnik. Aufgrund seiner hohen Härte, Bruchzähigkeit und Alterungsbeständigkeit wird es insbesondere in stark beanspruchten Implantatkomponenten wie Hüftgelenkköpfen oder Dentalimplantaten eingesetzt. Damit 3Y-TZP-Produkte im medizinischen Bereich zugelassen werden können, müssen sie definierte Qualitätsanforderungen erfüllen. Die Norm ISO 13356 stellt hierfür ein standardisiertes Prüfprotokoll zur Charakterisierung bereit. Im Bereich der physikalisch-chemischen Analytik werden die Rohdichte (geometrisch oder per Eintauchmethode nach ISO 18754) sowie die chemische Zusammensetzung mittels Röntgenfluoreszenz (XRF am pulverförmigen Ausgangsmaterial) bestimmt. Die Mikrostruktur wird durch die Bestimmung der mittleren Korngrösse über REM-Aufnahmen und das Linienschliffverfahren nach ISO 13383-1 charakterisiert. Der monokline Phasenanteil wird mittels Röntgenbeugung (XRD, Abb. unten) an geeigneten Proben ermittelt. Die mechanischen Eigenschaften werden durch 4-Punkt-Biegeversuche (nach ISO 14704, Abb. rechts) bewertet. Dabei wird die maximale Biegefestigkeit ermittelt und aus den Ergebnissen von mindestens 30 Proben der Weibull-Modul berechnet, der Aussagen zur Streuung der Festigkeit und damit zur Zuverlässigkeit des Werkstoffs erlaubt. Ergänzend erfolgen Härtemessung (ISO 14705), Bestimmung des Elastizitätsmoduls (EN 843-2), zyklische Ermüdungsversuche, Bestimmung der Radioaktivität (in Zusammenarbeit mit einem Partnerinstitut) sowie beschleunigte Alterung bei 134 °C in gesättigtem Wasserdampf (woraufhin erneut Phasenanteil und Biegefestigkeit untersucht werden).

and aging resistance, it is used in highly loaded implant components such as hip joint heads or dental implants. For 3Y-TZP products to be approved for medical use, they must meet defined quality requirements. The ISO 13356 standard provides a standardized testing protocol for 3Y-TZP physical-chemical analysis. Bulk density is determined (either geometrically or via the immersion method according to ISO 18754), and the chemical composition is assessed using X-ray fluorescence (XRF) on the powdered raw



material. The microstructure is characterized by determining the average grain size based on SEM images using the line-intercept method in accordance with ISO 13383-1. The amount of monoclinic phase is measured via X-ray diffraction (XRD, Fig. bottom) on suitable specimens. Mechanical properties are evaluated through four-point bending tests (according to ISO 14704, Fig. right), in which the maximum bending strength is determined. From the results of at least 30 specimens, the Weibull modulus is calculated, allowing conclusions about strength variability and thus the reliability of the material. Additional tests include hardness measurement (ISO 14705), determination of Young's modulus (EN 843-2), cyclic fatigue testing, assessment of radioactivity (in collaboration with a partner institute), and accelerated aging at 134 °C in saturated steam (followed by repeated analysis of phase content and bending strength).



**Y**tria-stabilized tetragonal zirconium oxide (3Y-TZP) is among the most important ceramic materials in medical technology. Due to its high hardness, fracture toughness,

## PMI-Analyse metallischer und nichtmetallischer Werkstoffe

### PMI Analysis of Metallic and Non-Metallic Materials

Der Begriff *Positive Material Identification* (PMI) beschreibt die Untersuchung von Materialien mit dem Ziel festzustellen, ob sie vorgegebenen Spezifikationen bezüglich ihrer Zusammensetzung entsprechen. Je nach zu untersuchendem Material kommen hierfür verschiedene Methoden infrage.

Zur Identifikation von Metallen und Legierungen, insbesondere verschiedener Stahlsorten und Titanlegierungen, wird bei Bauteilen und Rohmaterial, die grösser als ca. 1 cm sind vor allem die handgehaltene energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse (ED-RFA) verwendet. Diese schnelle und einfache Methode erlaubt die Zuordnung einer Probe zu einer vorgegebenen Spezifikation bezüglich aller Elemente des Periodensystems ab Natrium und kann auch mobil bei Kunden vor Ort eingesetzt werden. Genaue Ergebnisse im Spurenelementbereich lassen sich mit wellenlängendiffusiver Röntgenfluoreszenzanalyse (WD-RFA) erzielen, die allerdings zusätzliche Probenvorbereitung erfordert. Für die PMI sehr kleiner Bauteile (ca. 1 µm – 1 cm) kommt Röntgenemissionsanalyse (EDX) im Rasterelektronenmikroskop (REM) zum Einsatz.

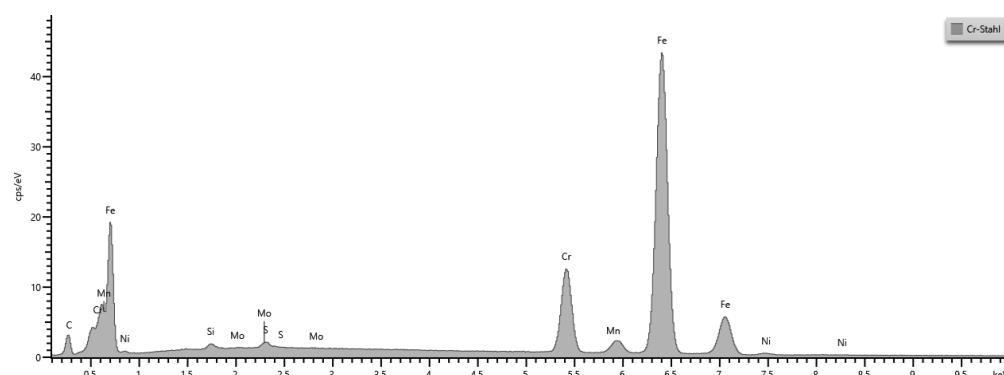
Alle Röntgenfluoreszenz-Methoden sind neben Metallen auch für keramische und sonstige anorganische Materialien geeignet. Kunststoffe und andere organische Materialien werden hingegen mittels Infrarotspektroskopie (IR) identifiziert. Zur Konformitätskontrolle bestimmter Metalle wird der Kohlenstoffgehalt mittels Trägergasheissextraktion (TGHE) analysiert, da sich einige Metalle aufgrund ähnlicher Eigenschaften mittels ED-RFA nicht differenzieren lassen. Eine schnellere, jedoch weniger präzise Alternative stellt hierfür die optische Emissionspektroskopie (OES) dar.

Die breite Palette an zur Verfügung stehenden Methoden erlaubt der RMS Foundation, massgeschneiderte PMI-Lösungen für verschiedenste Materialien und Bauteile anzubieten.

The term *Positive Material Identification* (PMI) refers to the examination of materials with the goal of determining whether they conform to specified requirements regarding their composition. Depending on the material to be analysed, various methods may be employed.

For the identification of metals and alloys, particularly various types of steel and titanium alloys, in components and raw materials larger than approximately 1 cm, handheld energy-dispersive X-ray fluorescence analysis (ED-XRF) is primarily used. This fast and straightforward method allows a sample to be matched to a given specification for all elements in the periodic table from sodium onwards and can also be used on-site at customer facilities. More ac-

L. Rishikeswaran  
A. Loges



curate results in the trace element range can be obtained with wavelength-dispersive X-ray fluorescence analysis (WD-XRF), although this requires additional sample preparation. For PMI of very small components (approx. 1 µm to 1 cm), X-ray emission analysis (EDX) integrated in a scanning electron microscope (SEM) is used.

All X-ray fluorescence methods are suitable not only for metals but also for ceramics and other inorganic materials. Plastics and other organic substances, on the other hand, are identified using infrared spectroscopy (IR). Carrier gas hot extraction (CGHE) is used to determine the carbon content in certain metals as part of conformity assessment, since some elements cannot be reliably differentiated by ED-XRF due to their similar characteristics. A faster but less precise alternative is optical emission spectroscopy (OES).

The wide range of available methods enables the RMS Foundation to offer tailored PMI solutions for a variety of materials and components.

Abbildung:  
Röntgenemissionsspektrum  
eines Chromstahls im REM.

Figure:  
X-ray emission spectrum of  
a chromium steel sample in  
the SEM.

## Dynamische Prüfungen - kleine Lasten und optisches Deformationstracking

### Dynamic testing - small loads and optical deformation tracking

S. Jakobs

In den vergangenen Jahrzehnten hat sich die Nachfrage bei mechanischen Ermüdungsversuchen zunehmend von klassischen Anwendungen wie Hüftschläften hin zu kleineren Implantaten mit geringeren Prüflasten verlagert. Daher haben wir neue elektrodynamische Prüfmaschinen mit reduzierten Maximalkräften angeschafft, deren Kalibrierbereiche deutlich besser zu diesen Anwendungen passen und gleichzeitig eine innovativere und energieeffizientere Testinfrastruktur ermöglichen.

Ein herausragendes Merkmal unserer neuen elektrodynamischen Prüfmaschinen (Abb. oben) ist ihre Fähigkeit, Ermüdungstests mit hoher Präzision bereits ab sehr geringen Kräften von 4 N (Untergrenze der DAkkS-Kalibrierung der LTM 1) bis hin zu 10 kN auf der LTM 10 durchzuführen. Die im Vergleich zu anderen Herstellern hohe Regelgüte erlaubt es, auch kleinste und empfindlichste Produkte und Materialien hinsichtlich ihres Ermüdungsverhaltens zu prüfen und Erkenntnisse über Versagensmuster zu gewinnen.

Darüber hinaus erweitern wir die Möglichkeiten der Produkt- und Materialprüfung durch die Integration der Digital Image Correlation (DIC) in die dynamische Prüfung. So lassen sich Deformationen von Flächen oder gezielten Stellen am Prüfkörper während des Versuchs erfassen. Regelmäßige Bildaufnahmen, etwa alle 100 Zyklen, liefern detaillierte Informationen zur Probenverformung im Testverlauf. Ist das DIC-System einmal eingerichtet und mit der Prüfmaschine gekoppelt, können Bilder und Messdaten automatisiert über längere Zeiträume – bei Bedarf auch über Tage – aufgenommen werden. Die

Abbildung unten zeigt die Öffnung von Frakturspalten an einem Beckenknochenmodell. Ziel des Forschungsprojekts ist es, zwei verschiedene Frakturversorgungsstrategien zu vergleichen und dynamisch zu beladen. Dabei lassen sich Punktabstände an beliebigen Stellen verfolgen, mechanische Ermüdung simulieren und gleichzeitig geometrische Daten erfassen. Auf Basis dieser Daten wurde bewertet, welches Produkt bzw. welche Versorgung biomechanisch die besseren Ergebnisse liefert.

In recent decades, the demand for mechanical fatigue testing has increasingly shifted from classic applications such as hip stems to smaller implants with lower test loads. We have therefore acquired new electrodynamic testing machines with reduced maximum forces, whose calibration ranges are much better suited to these applications and at the same time enable a more innovative and energy-efficient test infrastructure. An outstanding feature of our new electrodynamic testing machines (Fig. top) is their ability to perform fatigue tests with high precision starting from very low forces of 4 N (lower limit of the DAkkS-calibration of the LTM 1) up to 10 kN on the LTM 10. The high control quality of these machines, compared to other manufacturers, allows us to test even the smallest and most sensitive products and materials with regard to their fatigue behavior and to gain insights into failure patterns. In addition, we are expanding the possibilities of product and material testing by integrating Digital Image Correlation (DIC) into dynamic testing. This enables the deformation of surfaces or specific areas of the specimen to be captured during the test. Regular image acquisition, for example every 100 cycles, provides detailed information about specimen deformation throughout the course of testing. Once the DIC system is set up and synchronized with the testing machine, images and measurement data can be automatically collected over extended periods of time – if required, even over several days. The Figure at the bottom shows of a fracture gap in a pelvic bone model. The objective of this research project is to compare two different fracture treatment strategies under dynamic loading. This approach allows point distances to be tracked at any number of locations, enabling the simulation of mechanical fatigue behavior along with the collection of geometric data. Based on this data, an assessment was made as to which product or treatment yields better biomechanical outcomes.

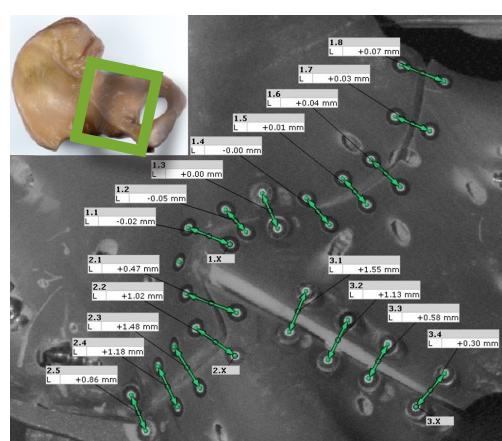


**Abbildungen:**  
Oben: Ermüdungstest an einer Osteosyntheseplatte, die für die Analyse mit der DIC-Methode vorbereitet wurde.

Unten: Mit DIC werden die Punktabstände an der Frakturspaltöffnung eines dynamisch belasteten Beckenknochenmodells optisch vermessen.

**Figures:**  
Top: Fatigue test on an osteosynthesis plate, set up for analysis with the DIC technique.  
Bottom: DIC is used to optically measure point distances at the fracture gap of a dynamically loaded pelvic bone model.

Ein ergänzender Beitrag zum Thema findet sich auf Seite 26.  
An additional contribution on this topic can be found on page 26.



## Teilnahme an Ringversuchen

### Participation in interlaboratory comparisons

Die RMS beteiligt sich regelmässig an Ringversuchen, um die Qualität ihrer Prüfergebnisse zu sichern und den Anforderungen der Akkreditierung nach ISO/IEC 17025 gerecht zu werden. Diese externen Vergleichsuntersu-

Durch das Engagement in Ringversuchen trägt die RMS aktiv zur kontinuierlichen Verbesserung und zur Sicherstellung höchster Qualitätsstandards in der Prüftechnik bei.

M. Herger  
E. Siegenthaler



chungen sind ein zentrales Element der Qualitätskontrolle, da sie die Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit der Messergebnisse belegen sowie die erweiterte Messunsicherheit bestimmen helfen.

Im Jahr 2022 nahm die RMS erfolgreich an sechs Ringversuchen teil. Auch 2023 setzte sich dieses Engagement fort: Von den fünf durchgeföhrten Ringversuchen wurden fünf erfolgreich abgeschlossen. Im Jahr 2024 hat sich die RMS erneut für fünf Ringversuche angemeldet. Einer davon wurde aufgrund zu geringer Teilnehmerzahl vom Organisator abgesagt. Die verbleibenden vier Ringversuche wurden erfolgreich abgeschlossen.

Diese regelmässige Teilnahme unterstreicht das kontinuierliche Bestreben der RMS, die Qualität ihrer Prüfprozesse auf höchstem Niveau zu halten und objektiv nachzuweisen. Die Ergebnisse der Ringversuche liefern nicht nur wertvolle Hinweise zur Verbesserung interner Verfahren, sondern stärken auch das Vertrauen von Kunden, Partnern und Akkreditierungsstellen in die Zuverlässigkeit und Kompetenz der RMS als Prüflabor.

RMS regularly participates in interlaboratory comparisons to ensure the quality of its test results and to meet the requirements of accreditation in accordance with ISO/IEC 17025. These external comparative tests are a central element of quality control, as they verify the reproducibility and comparability of the measurement results and help determine the expanded measurement uncertainty.

In 2022, RMS successfully participated in six interlaboratory comparisons. This commitment continued in 2023: of the five interlaboratory comparisons carried out, five were successfully completed. In 2024, the RMS again registered for five proficiency tests. One of these was canceled by the organizer due to an insufficient number of participants. The remaining four proficiency tests were successfully completed. This regular participation underlines RMS's continuous efforts to maintain the quality of its testing processes at the highest level and to provide objective evidence of this. The results of the interlaboratory comparisons not only provide valuable information for improving internal procedures, but also strengthen the confidence of customers, partners and accreditation bodies in the reliability and competence of RMS as a testing laboratory.

Through its involvement in interlaboratory comparisons, RMS actively contributes to continuous improvement and to ensuring the highest quality standards in testing technology.

Abbildungen:  
Links: Zertifikat von Ringversuch TC-2345.  
Unten: Zusammenfassung der Ringversuchsergebnisse.

Figures:  
Left: Certificate of Interlaboratory Test.  
Bottom: Summary of Interlaboratory Test Results.

Ringversuch TC-2345					
Individuelle Zusammenfassung der Ringversuchsergebnisse					
Labor-Kennziffer: 137					
Parameter	Einheit	Probe A Oberflächenwasser	Probe B Standard-Lösung	Probe C Standard-Lösung	$ z  > 2$
Gesamtkohlenstoff (TC)	[mg/l]	67,50	62,50	51,00	-
	[mg/l]	67,87	62,98	51,29	-
Prüfwert z		-0,11	-0,15	-0,11	
Gesamter anorganisch gebundener Kohlenstoff (TIC)	[mg/l]	64,50	21,00	35,00	-
	[mg/l]	63,13	20,43	34,44	-
Prüfwert z		0,43	0,44	0,33	
Gesamter organisch gebundener Kohlenstoff (TOC)	[mg/l]	2,950	42,50	16,00	-
	[mg/l]	3,279	42,75	16,34	-
Prüfwert z		-0,76	-0,12	-0,35	
Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX)	[µg/l]	-	-	-	-
	[µg/l]	-	-	-	-
Prüfwert z		-	-	-	

Ergebnisbewertung:	Kriterium	Anzahl	Anteil
zu viel	$z > 2$	0	0.0%
viel	$2 \geq z > 1$	0	0.0%
gut	$1 \geq z \geq -1$	9	100.0%
wenig	$-1 > z \geq -2$	0	0.0%
zu wenig	$-2 > z$	0	0.0%
<b>Bewertung gemäß ISO 17043</b>			
zufriedenstellend	$ z  \leq 2$	9	100.0%
fragwürdig	$2 <  z  < 3$	0	0.0%
nicht zufriedenstellend	$ z  \geq 3$	0	0.0%

Laupheim, den 15.12.2023

(Ringversuchsleitung)

(Kontrolle)

IndZus-TC-1707

## Dreifache Ehrung für den Forschungsleiter der RMS Foundation Triple Honor for the RMS Foundation's Head of Research

A. Molenberg

In den vergangenen drei Jahren wurden die herausragenden Leistungen des Leiters Forschung & Wissenstransfer der RMS Foundation, Dr. Marc Bohner, gleich dreimal auf internationaler Ebene gewürdigt.

Im Rahmen des ESB Jahrestreffens vom 4. bis 8. September 2023 in Davos (Schweiz) wurde Marc Bohner mit dem prestigeträchtigen George Winter Award ausgezeichnet. Die European Society for Biomaterials (ESB) verleiht diesen Preis für herausragende Beiträge zur Biomaterialien-Forschung in Europa. Gewürdigt wurden insbesondere Marc Bohners Arbeiten zu kalziumphosphatbasierten Biomaterialien sowie seine langjährigen wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Verdienste innerhalb der Community.



### Auszüge aus der Laudatio der ESB / Excerpts from the ESB laudation:

*«Marc Bohner's scientific rigor, translational mindset, and long-term dedication to the biomaterials field make him an exemplary recipient of the George Winter Award.»*

*«His contributions laid the groundwork for numerous clinical products and significantly advanced our understanding of biodegradable bone substitutes.»*

Over the past three years, the outstanding achievements of Dr Marc Bohner, Head of Research & Knowledge Transfer at the RMS Foundation, have been recognized in three ways at the international level.

At the ESB Annual Meeting held from September 4–8, 2023, in Davos (Switzerland), Marc Bohner received the prestigious George Winter Award. Presented by the European Society for Biomaterials (ESB), this award recognizes outstanding contributions to biomaterials research in Europe. The honor particularly highlights Marc Bohner's work on calcium phosphate-based biomaterials as well as his long-standing scientific and community contributions within the field.

In January 2024, another high distinction followed: Uppsala University in Sweden awarded Marc Bohner an Honorary Doctorate (*Doctor honoris causa, Dr. h. c.*) from its Faculty of Science and Technology. This honour acknowledged his world-leading achievements in the field of resorbable implant materials – including the development of innovative calcium phosphate-based biomaterials for targeted tissue regeneration, translational research leading to clinically established products such as chronOS blocks, chronOS Inject, and cycLOS/CEROS Putty, as well as his close collaboration with the biotech and medical industries.

In May 2024, during the World Biomaterials Congress, Marc Bohner was also named Fellow of Biomaterials Science and Engineering (FBSE) by the International Union of Societies for Biomaterials Science and Engineering (IUSBSE). This lifetime honor entitles recipients to use the designation FBSE and is reserved for individuals who have been active in the field of biomaterials science and engineering for at least ten years with sustained excellence.



Im Januar 2024 folgte eine weitere bedeutende Auszeichnung: Die Universität Uppsala in Schweden verlieh Marc Bohner die Ehrendoktorwürde (*Doctor honoris causa, Dr. h. c.*) der Fakultät für Naturwissenschaften und Technik. Gewürdigt wurden seine weltweit führenden Leistungen im Bereich resorbierbarer Implantatmaterialien, darunter die Entwicklung innovativer calciumphosphat-basierter Biomaterialien zur gezielten Gewebe-Regeneration, die translationale Forschung mit klinisch etablierten Produkten wie den Implantaten chronOS blocks, chronOS Inject und cycLOS/CEROS Putty, sowie seine enge Zusammenarbeit mit der Biotech und Medizinindustrie.

Zusätzlich wurde Marc Bohner im Mai 2024 während des World Biomaterials Congress von der International Union of Societies for Biomaterials Science and Engineering (IUSBSE) mit dem Titel Fellow of Biomaterials Science and Engineering (FBSE) ausgezeichnet. Die lebenslange Auszeichnung verleiht das Recht, die Buchstaben FBSE zu führen und ist Personen vorbehalten, die mindestens zehn Jahre lang aktiv und mit nachhaltiger Exzellenz im Bereich der Biomaterialwissenschaft und -technik tätig waren.

## Bioceramics 33: Ein denkwürdiges und wirkungsvolles Treffen in der Schweiz

### Bioceramics 33: A Memorable and Impactful Gathering in Switzerland

Jedes Jahr lädt die International Society for Ceramics in Medicine (ISCM) eine führende Wissenschaftlerin bzw. einen führenden Wissenschaftler ein, um ihre Jahrestagung zu organisieren. Die ursprünglich für 2023 in Shanghai unter der Leitung von Professor Jiang Chang geplante Tagung wurde aufgrund anhaltender COVID-bedingter Reisebeschränkungen verschoben. Der Vorstand der ISCM übertrug daraufhin die Ausrichtung des 33. Symposiums (Bioceramics 33) an Dr. Marc Bohner und Dr. Nicola Döbelin von der RMS Foundation.

Bioceramics 33 fand vom 17. bis 20. Oktober 2023 in Solothurn (Schweiz) statt. Die Veranstaltung begrüßte 135 Teilnehmende aus aller Welt – 86 % davon aus dem Ausland – und umfasste knapp 100 wissenschaftliche Beiträge. Darunter waren sechs Plenarvorträge und 24 Keynote-Präsentationen führender Expertinnen und Experten, die ein breites Themenpektrum abdeckten – von orthopädischen und dentalen bis hin zu Weichgewebe-Anwendungen von Keramiken und Gläsern.

Den Auftakt bildete ein thematisch fokussierter Workshop zu Octacalciumphosphat (OCP), der zwar nicht Teil des offiziellen Programms war, jedoch grossen Anklang fand und Pläne für künftige Kooperationen anregte. Die feierliche Eröffnung umfasste Ansprachen von Brigit Wyss, Präsidentin des Solothurner Regierungsrats, sowie die Verleihung des Hironobu Oonishi Memorial Award an Professor Paul Ducheyne.

Bioceramics 33 wurde von den Teilnehmenden für seinen hohen wissenschaftlichen Anspruch, die herzliche Atmosphäre und den malerischen Veranstaltungsort an der Aare gelobt – und wurde so zu einem unvergesslichen Ereignis in der Biokeramik-Community.

Each year, the International Society for Ceramics in Medicine (ISCM) invites a leading scientist to organize its annual meeting. Originally planned for Shanghai in 2023 under the leadership of Professor Jiang Chang, the meeting was postponed due to ongoing COVID-related travel restrictions. The ISCM board reassigned the 33rd Symposium (Bioceramics 33) to Dr. Marc Bohner and Dr. Nicola Döbelin of the RMS Foundation.

Bioceramics 33 took place from October 17–20, 2023, in Solothurn, Switzerland. The event welcomed 135 participants from around the globe – 86 % from outside Switzerland – and featured nearly 100 scientific presentations. These included six plenary and 24 keynote lectures by leading experts in the field, covering a wide range of topics such as orthopedic, dental, and soft tissue applications of ceramics and glasses.

The meeting began with a focused workshop on Octacalcium Phosphate (OCP), which, though not part of the main program, was well received and sparked plans for future collaboration. The official opening included remarks by Brigit Wyss, President of the Cantonal Council of Solothurn, and the presentation of the Hironobu Oonishi Memorial Award to Professor Paul Ducheyne.

Bioceramics 33 was praised by participants for its strong scientific content, welcoming atmosphere, and the scenic location along the Aare River – making it a truly memorable event in the bioceramics community.

M. Bohner  
N. Döbelin  
C. Stähli  
Y. Maazouz



Abbildungen:

Oben: Bioceramics-Fahne vor dem Haupteingang des Landhauses in Solothurn – Veranstaltungsort des internationalen Bioceramics-Kongresses 33.

Links: Der Kongresssaal war gut gefüllt – die Teilnehmenden verfolgten das Programm mit grosser Begeisterung.

Figures:

Top: Bioceramics banner in front of the main entrance of the Landhaus in Solothurn – venue of the international Bioceramics Congress 33.

Left: The congress hall was well filled – the participants followed the program with great enthusiasm.



## Intelligentere Knochensubstitute: Ein neuer Ansatz für die Knochenregeneration Smarter Bone Substitutes: A New Approach to Bone Regeneration

J. Piot

M. Bohner

Y. Maazouz

B. Gantenbein,

N. Saulacic,

University of Bern

in collaboration with

J. Schoenecker

(Vanderbilt University)

### Abbildungen:

Rechts: Joëlle konzentriert bei der praktischen Arbeit im Rahmen ihrer Dissertation.

Unten: Gemeinsamer Arbeitsmoment.

### Figures:

Right: Joëlle focused on practical work as part of her dissertation.

Bottom: Shared moment at work.



Die Reparatur grosser Knochendefekte stellt nach wie vor eine erhebliche klinische Herausforderung dar – insbesondere bei Patientinnen und Patienten mit chronischen Erkrankungen wie Diabetes oder einem geschwächten Immunsystem. Obwohl knochenmorphogene tische Proteine (BMPs) das Knochenwachstum fördern können, haben Bedenken hinsichtlich ihrer Sicherheit und des Off-Label-Gebrauchs ihre Anwendung eingeschränkt – was die Suche nach sicheren und wirksameren Alternativen vorantreibt.

Poröse Materialien wie Keramiken, Polymere und Metalle haben die Fähigkeit gezeigt, Knochenbildung in Weichgewebe auszulösen – ein Phänomen, das als Osteoinduktion bezeichnet wird. Obwohl die zugrunde liegenden Mechanismen noch Gegenstand wissenschaftlicher Diskussion sind, deuten neuere Hypothesen darauf hin, dass stark mineralisierende Materialien das lokale Kalziumgleichgewicht stören, Immunreaktionen modulieren und die Differenzierung von Stammzellen in knochenbildende Zellen fördern können.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde im März 2024 ein neues Forschungsprojekt gestartet, das die Entwicklung fortschrittlicher, auf Calciumphosphat basierender Knochentransplantat-Ersatzstoffe zum Ziel hat. Diese sollen die frühe Immunantwort gezielt beeinflussen, um die Knochenregeneration anzuregen. Die Materialien sind so konzipiert, dass sie zunächst eine starke Entzündungsreaktion hervorrufen, die anschliessend durch Mineralisierung rasch abklingt – ein Ablauf, der zentrale Aspekte der natürlichen Heilung nachbildet.

Das Projekt wird im Rahmen einer Doktorarbeit an der RMS Foundation von J. Piot durchgeführt, unter der Betreuung von M. Bohner und Y. Maazouz (RMS Foundation) sowie B. Gantenbein und N. Saulacic (Universität Bern).

Eine weitere Zusammenarbeit besteht mit J. Schoenecker (Vanderbilt University). J. Piot ist an der Graduate School for Cellular and Biomedical Sciences (GCB) der Universität Bern eingeschrieben.

Repairing large bone defects remains a significant clinical challenge, particularly in patients with chronic conditions such as diabetes or weakened immune systems. While bone morphogenetic proteins (BMPs) have shown potential in promoting bone growth, concerns about safety and off-label use have limited their application—prompting the search for safer, more effective alternatives.



Porous materials such as ceramics, polymers, and metals have demonstrated the ability to induce bone formation in soft tissues—a phenomenon known as osteoinduction. Although the underlying mechanisms are still debated, recent hypotheses suggest that highly mineralizing materials can disrupt local calcium balance, modulate immune responses, and encourage stem cell differentiation into bone-forming cells.

Building on these insights, a new research project launched in March 2024 aims to develop advanced calcium phosphate-based bone graft substitutes that modulate the early immune response to stimulate bone regeneration. The materials are designed to trigger a strong initial inflammatory reaction, followed by rapid resolution through mineralization—mirroring key aspects of natural healing.

This project is being carried out as part of a PhD study at the RMS Foundation by J. Piot, under the supervision of M. Bohner and Y. Maazouz (RMS Foundation), as well as B. Gantenbein and N. Saulacic (University of Bern). The project also involves a collaboration with J. Schoenecker from Vanderbilt University. J. Piot is enrolled in the Graduate School for Cellular and Biomedical Sciences (GCB) at the University of Bern.

## Korngrößenmessung keramischer Werkstoffe mittels maschinellem Lernen

### Grain size measurement of ceramic materials using machine learning

Die Korngröße ist ein wichtiger Parameter zur Charakterisierung keramischer Werkstoffe, da die Mikrostruktur die Materialeigenschaften beeinflusst. Manuelle Verfahren wie das Linienschnittverfahren sind zeitaufwendig und fehleranfällig, mit Abweichungen von bis zu 10 % abhängig von verschiedenen Faktoren. Maschinelles Lernen, insbesondere Neuronale Netze vom Typ U-Net, bieten eine schnellere und konsistenterne Alternative. In dieser Studie wurde ein U-Net-Modell auf REM-Bilder von  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - und  $\text{ZrO}_2$ -Mischkeramiken angewendet, um Korngrenzen automatisch zu erkennen.

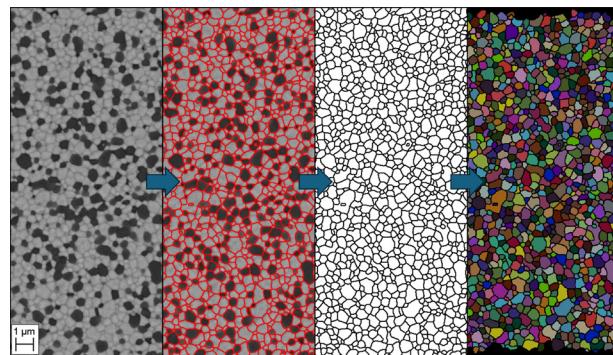
Insgesamt wurden 30 hochauflöste Bilder (Auflösung 2048×1536 Pixel) verwendet: 15 für Training und Test, 15 zur abschliessenden Validierung. Die Korngrenzen wurden manuell rot markiert und in binäre Bilder umgewandelt, wodurch eine klassische Analyse der Korngröße mit Algorithmen wie dem Watershed-Verfahren möglich wurde (Abb. oben).

Die Bilder wurden in Ausschnitte (Patches) unterteilt und der Datensatz durch Rotation und Spiegelung vergrössert. Das U-Net verfügte über fünf Ebenen und 1.9 Millionen Parameter. Die Genauigkeit wurde anhand von IoU- und Dice-Scores gemessen und mit manuell bestimmten Ergebnissen nach ISO-Standard verglichen. Die durchschnittliche Abweichung betrug 4.5 %.

Die Methode erlaubt eine zuverlässige, objektive und zeiteffiziente Korngrößenmessung. Weitere Merkmale wie Seitenverhältnis oder Orientierung der Körner lassen sich ebenfalls automatisch extrahieren. Auch die Erstellung von Histogrammen (Abb. unten), die manuell kaum umsetzbar wäre, wird dadurch erheblich erleichtert. Eine visuelle Kontrolle bleibt dennoch wichtig, da Kennwerte nicht immer mit dem subjektiven Eindruck übereinstimmen

**G**rain size is an important factor in characterizing ceramics, as the microstructure influences material properties. Manual methods, like line-intercept counting, are time-consuming and error-prone, with deviations of up to 10 % depending on various factors. Machine

S. Jakobs



learning, particularly U-Net neural networks, offers a faster and more consistent alternative. In this study, a U-Net model was applied to SEM images of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{ZrO}_2$  mixed ceramics to detect grain boundaries automatically.

A total of 30 high-resolution images (2048×1536 pixel resolution) were used: 15 for training/testing, 15 for final validation. Grain boundaries were manually labeled in red and converted to binary images, which allowed for classical grain size analysis using algorithms like watershed (Fig. top).

The images were split into patches and the dataset was augmented through rotation and mirroring of the patches. The U-Net had five layers and 1.9 million parameters. Accuracy was measured using IoU and Dice scores and compared to manual results following ISO standards. The average deviation was 4.5 %.

The method enables reliable, objective, and time-efficient grain size measurement. Additional features of the grains like aspect ratio or orientation can also be extracted automatically. Histogram-based analysis (Fig. bottom), difficult to achieve manually, becomes feasible. Visual checks remain important, as metric scores do not always match visual perception.

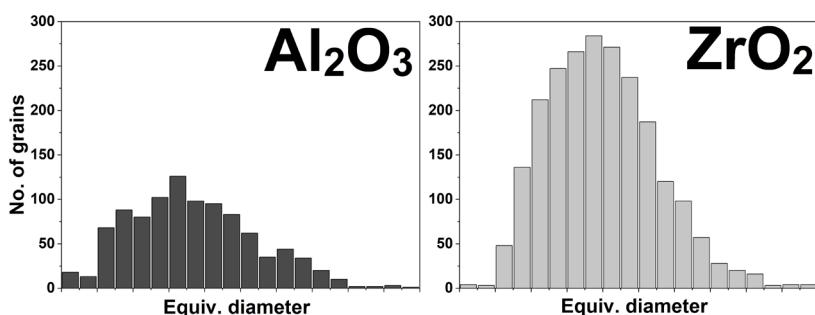
**Abbildungen:**  
Oben: Nach dem Training des Neuronalen Netzes kann die aufwendige manuelle Markierung der Korngrenzen durch den Algorithmus übernommen werden.

Unten: Ergebnis der Segmentierung aus Abb. oben mit Unterscheidung nach Phase.

**Figures:**

Top: Once the neural network has been trained, the labour-intensive labelling step can be done by the algorithm.

Bottom: Result of the segmentation of Fig. top, with differentiation by phase.



## Knochenheilung: Ein neuer Ansatz zur Stimulierung der Knochenbildung Advancing Bone Repair: A New Approach to Stimulating Bone Formation

F. Elharouni  
Y. Maazouz  
M. Bohner

*in collaboration with  
R. Müller (ETH) and E. Wehrle  
(AO Research Institute)*

Jedes Jahr unterziehen sich weltweit über zwei Millionen Patientinnen und Patienten einem Eingriff zur Behandlung von Knochendefekten. Zwar sind Knochentransplantate und Knochentransplantat-Substitute (BGS) häufig erfolgreich, doch Misserfolge – insbesondere bei grossen oder komplexen Defekten – können schwerwiegende Folgen haben, darunter eingeschränkte Mobilität und eine verringerte Lebenserwartung bei älteren Menschen. Die Verbesserung der Wirksamkeit der Knochenheilung bleibt daher ein dringendes medizinisches Bedürfnis. Ein neues Forschungsprojekt an der RMS Foundation, gefördert vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF), untersucht einen neuartigen Ansatz zur Förderung der Knochenregeneration – ganz ohne den Einsatz von Medikamenten. Ziel ist es, die sogenannte Osteoinduktion besser zu verstehen und nutzbar zu machen – also die Fähigkeit von Materialien, Knochenbildung anzuregen, selbst in Weichgeweben. Während dieser Effekt traditionell durch potente biologische Wirkstoffe wie Knochenmorphogenetische Proteine (BMPs) erzielt wurde, haben Sicherheitsbedenken zu einer verstärkten Suche nach risikoärmeren Alternativen geführt. Im Fokus des Projekts stehen calciumphosphatbasierte Materialien, die eine gezielte Immunantwort auslösen und den natürlichen Heilungsprozess unterstützen können. Neue Studien deuten darauf hin, dass diese Materialien möglicherweise wirken, indem sie das lokale Gleichgewicht von Kalzium- und Phosphationen stören – ein Effekt, der Entzündungsprozesse beeinflussen und die Knochenbildung fördern kann. Dieser Mechanismus könnte auch zur Erklärung der sogenannten heterotopen Ossifikation beitragen, bei der sich Knochengewebe fälschlicherweise in Weichgeweben bildet. Seit Mai 2023 arbeitet die Doktorandin Farida Elharouni an diesem interdisziplinären Projekt an der RMS Foundation, mit dem Ziel, eine neue Generation von BGS zu entwickeln, die weder Zellen noch Medikamente enthalten – und so weltweit sicherere und verlässlichere Behandlungsmöglichkeiten für Patientinnen und Patienten zu schaffen.

Each year, more than two million patients worldwide undergo procedures to repair bone defects. While bone grafts and bone graft substitutes (BGS) are often successful, failures – particularly in large or complex defects – can have severe consequences, including reduced mobility and lower life expectancy in elderly patients. Improving the effectiveness of bone repair remains a pressing medical need. A new research project at the RMS Foundation, funded by the Swiss National Science Foundation, explores a novel approach to enhancing bone regeneration – without relying on drugs. The goal is to better understand and harness a property called osteoinduction, where materials stimulate bone formation, even in soft tissues. Traditionally achieved with potent biological agents like bone morphogenetic proteins (BMPs), this approach has raised safety concerns, driving the search for safer alternatives. The project focuses on calcium phosphate-based materials that can trigger a controlled immune response and support natural healing. Recent studies suggest that these materials



Abbildung:  
Farida bei der Arbeit an ihrer Dissertation.

Figure:  
Farida working on her doctoral research.

may work by disrupting the local balance of calcium and phosphate ions – an effect that alters inflammation and encourages bone formation. This mechanism may also help explain a condition called heterotopic ossification, where bone forms abnormally in soft tissues. Since May 2023, PhD student Farida Elharouni has been working on this interdisciplinary project at RMS Foundation, with the aim of developing next-generation BGS that are both cell-free and drug-free, offering safer, more reliable treatment options for patients worldwide.

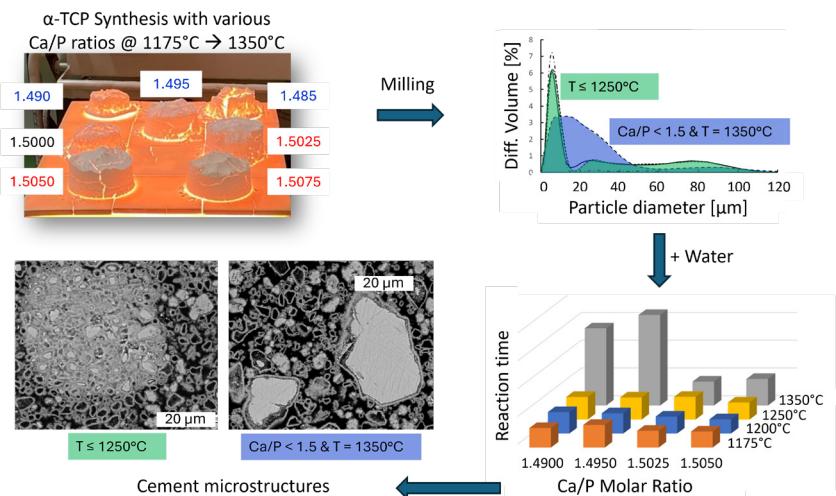
## Vom Studentenprojekt zur veröffentlichten Forschung From Student Project to Published Research

Was als Schülerprojekt von Isabelle Bohner begann, hat zu wertvollen wissenschaftlichen Erkenntnissen über die Entwicklung besserer Materialien für die Knochenregeneration geführt. Im Rahmen ihrer Maturaarbeit (einer Forschungsarbeit zur Schweizer Matura) synthetisierte Isabelle sieben verschiedene Pulver aus Tricalciumphosphat ( $\alpha$ -TCP) – einem Schlüsselinhaltstoff in calciumphosphatbasierten Zementen (CPCs), die häufig zur Behandlung von Knochendefekten eingesetzt werden. Durch geringfügige Anpassungen des Kalzium-zu-Phosphat-Verhältnisses (Ca/P) – im Bereich von 1,4850 bis 1,5075 – konnte sie untersuchen, wie selbst kleine Unterschiede in der Reinheit das Verhalten des Zements beeinflussen. Ihre Experimente zeigten, dass  $\alpha$ -TCP-Pulver mit niedrigerem Ca/P-Verhältnis dazu führten, dass der Zement deutlich langsamer erhärtete – bis zu dreimal so lang – und verdeutlichten, wie stark geringe Änderungen die Leistungsfähigkeit beeinflussen können. Ermutigt durch diese Ergebnisse wurde das Projekt in ein formelles Forschungsprojekt überführt und um  $\alpha$ -TCP-Pulver erweitert, die bei niedrigeren Temperaturen synthetisiert wurden. Das Projekt mündete in eine peer-reviewed wissenschaftliche Publikation in Open Ceramics (doi.org/10.1016/j.oceram.2024.100647), die bestätigte, dass sowohl das Ca/P-Verhältnis als auch die Synthesetemperatur die physikalischen Eigenschaften und Reaktivität des Zements beeinflussen. Insbesondere zeigte sich, dass Pulver mit geringer Reinheit, die bei Temperaturen über 1296 °C (bei denen bestimmte Verunreinigungen schmelzen) hergestellt wurden, weniger reaktiv waren, während reinere Pulver eine bessere Leistung zeigten. Diese Studie liefert praxisnahe Hinweise zur Optimierung von CPCs und ebnet den Weg für wirksamere, gezielter einsetzbare Materialien für die klinische Knochenreparatur – und zeigt zugleich eindrucksvoll, wie sich ein Schulprojekt zu einem bedeutenden wissenschaftlichen Beitrag entwickeln kann.

What began as a student project by Isabelle Bohner has led to valuable scientific insights into the design of better materials for bone regeneration. During her «Maturaarbeit» (Swiss high school diploma research project), Isabelle synthesized seven different

powders of  $\alpha$ -tricalcium phosphate ( $\alpha$ -TCP), a key ingredient in calcium phosphate cements (CPCs) commonly used in bone repair. By adjusting the calcium-to-phosphate (Ca/P) ratio slightly – between 1.4850 and 1.5075 – she was able to study how even minor variations in purity influence the behavior of the resulting cement. Her experiments revealed that  $\alpha$ -TCP powders with lower Ca/P ratios caused the cement to set significantly more slowly – up to three times longer – highlighting how small changes can strongly affect per-

M. Bohner  
N. Döbelin  
P. Michel



formance. Encouraged by these findings, the work was expanded into a formal research project and extended to include  $\alpha$ -TCP powders synthesized at lower temperatures. The project culminated in a peer-reviewed scientific publication in Open Ceramics (doi.org/10.1016/j.oceram.2024.100647), which confirmed that both the Ca/P ratio and synthesis temperature influence the cement's physical properties and reactivity. Specifically, low-purity powders synthesized above 1296 °C – where certain impurities melt – were less reactive, while purer powders performed better. This study provides practical guidance for improving CPCs, offering a path toward more effective, tailored materials for clinical bone repair applications – while also showcasing how a high school research project can evolve into meaningful scientific contribution.

Abbildung:  
Graphical abstract der  
Publikation.

Figure:  
Graphical abstract of the  
publication.

## Verschleisstestung von Polyethylen-Explantaten

### Wear testing of polyethylene explants

A. Pascucci  
R. Heuberger  
T. Imwinkelried

*in collaboration with*  
P. Wahl (Department Biomedical Engineering, Universität Basel, Allschwil, Schweiz; ARTOG Centre for Biomedical Engineering Research, Faculty of Medicine, Universität Bern, Bern, Schweiz; Endo-Team, Hirslanden Klinik Birshof, Münchenstein, Schweiz)

Zur Beurteilung des Langzeit- und des Verschleissverhaltens von Polyethylen-Hüftschalen wurden Explantate verschiedener Hersteller untersucht. Diese stammten aus Revisionsoperationen am Kantonsspital Winterthur und waren zuvor bis zu 18 Jahre im Patienten implantiert. Ziel der Verschleisstests war es, die gemessenen Abriebraten der unterschiedlichen Produkte zu vergleichen und deren Zusammenhang mit den Vernetzungscharakteristika des Polymers zu analysieren. Voruntersuchungen mit ultra-hochmolekularem Polyethylen (UHMWPE) zeigten, dass die Verschleissraten von der Vernetzungscharakteristik abhängen, welche durch Absorption und Eindringtiefe der Bestrahlung

Die Ergebnisse dieser Studie wurden in Bone & Joint Research veröffentlicht:  
<https://doi.org/10.1302/2046-3758.1311.BJR-2024-0203.R1>

The long-term and wear behaviour of polyethylene hip cups were examined using explants from various manufacturers. These were retrieved during revision surgeries at the Cantonal Hospital in Winterthur and had previously been implanted in patients for up to 18 years. The aim of the wear tests was to compare the measured abrasion rates of the different products and analyse their relationship to the cross-linking characteristics of the polymer.

Preliminary investigations with ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE) showed that the wear rates depend on the cross-linking characteristics, which are influenced by the absorption and the penetration depth of the radiation (E20\_0006). In particular, the transvinyl index (TVI) of cross-linked polyethylene (XLPE) is a reliable measure of the absorbed radiation and does not change with the dwell time in the human body.

Four pins with a diameter of 5 mm were punched out of each of 47 explanted XLPE hip shells (figure) and then tested in a pin-on-disc wear test against polished CoCr discs (in accordance with the ASTM F732-17 standard). Most products showed the abrasion rates expected based on the product specification. One product showed lower TVI values than expected and increased wear rates, comparable to non-crosslinked UHMWPE.

The results of this study were published in Bone & Joint Research:  
<https://doi.org/10.1302/2046-3758.1311.BJR-2024-0203.R1>

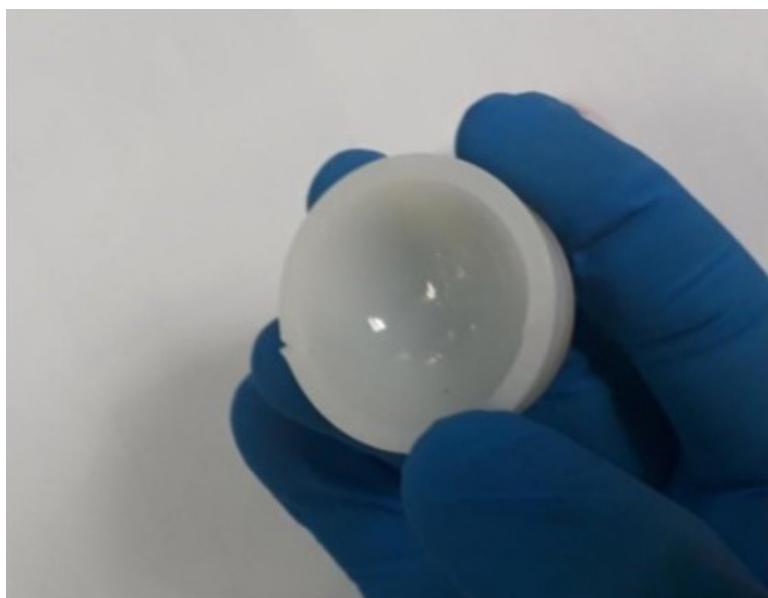


Abbildung:  
explantierte Hüftschale.

Figure:  
retrieved acetabular component.

beeinflusst wird (E20\_0006). Insbesondere der Transvinilindex (TVI) des quervernetzten Polyethylens (XLPE) ist ein verlässliches Mass für die absorbierte Strahlung und ändert sich nicht mit der Verweilzeit im menschlichen Körper.

Aus 47 explantierten XLPE-Hüftschalen (Bild) wurden je 4 Stifte mit 5 mm Durchmesser ausgestanzt und anschliessend in einem Pin-on-Disc Verschleisstest gegen polierte CoCr-Scheiben getestet (gemäss Norm ASTM F732-17). Die meisten Produkte zeigten die aufgrund der Produktespezifikation erwarteten Abriebraten. Ein Produkt zeigte niedrigere TVI-Werte als erwartet und erhöhte Abriebraten, vergleichbar mit unvernetztem UHMWPE.

## Fix-and-Replace bei Acetabulumfraktur mit Beckendiskontinuität: ein Vergleich

## Fix-and-Replace in Acetabular Fracture with Pelvic Discontinuity: A Comparison

**A**cetabulumfrakturen mit Beckenkongruenz stellen weiterhin eine chirurgische Herausforderung dar. Eine akute Totalendoprothese (TEP) in Kombination mit zusätzlicher Fixation ist häufig bei Trümmerfrakturen oder vorbestehender Arthrose erforderlich, jedoch besteht weiterhin Uneinigkeit über die optimale Methode zur primären Stabilisierung. Biomechanische Vergleichsdaten zwischen etablierten Verfahren sind begrenzt.



In dieser Studie wurde die Stabilität zweier «Fix-and-Replace»-Techniken untersucht: A) einer Burch-Schneider-Rekonstruktionspfanne (BSR) und B) eines Verstärkungsrings (RR) in Kombination mit einer posterioren Plattenosteosynthese und anteriorer Schraubenfixation. Verwendet wurden standardisierte Hemipelvis-Kunstmodelle der 4. Generation von Sawbones® mit simulierter T-förmiger Beckenkongruenz. Die relativen Mikrobewegungen an allen Frakturzonen (4 Zonen) wurden unter zyklischer Belastung (200, 400, 800, 1200 N) mithilfe eines optischen Trackingsystems erfasst. Als Fixationsversagen galt eine Frakturspaltöffnung von  $\geq 1$  mm (Messgenauigkeit ca. 10  $\mu\text{m}$ ).

In keinem der sechs Modelle (3 BSR, 3 RR) trat ein Fixationsversagen auf. Bis 400 N waren die Spaltöffnungen in beiden Gruppen minimal. Bei 800 N zeigte BSR eine nicht signifikante Zunahme. Bei 1200 N kam es bei BSR in zwei Zonen zu signifikant grösseren Verschiebungen ( $p < 0,005$ ). Eine Regressionsanalyse bestätigte bei BSR ab 800 N einen steileren Anstieg der Spaltöffnung ( $p < 0,01$ ). Beide Konstrukte zeigten gute Stabilität, jedoch schnitt der RR bei höheren Belastungen im klinisch relevantesten Bereich (Zone des Hinterpfeilers) besser ab.

**A**cetabular fractures with pelvic discontinuity remain a surgical challenge. Acute total hip arthroplasty (THA) combined with additional fixation is often required in cases of comminution or osteoarthritis, yet the best method for primary stability is still debated. Biomechanical data comparing techniques are limited.

This study evaluated the stability of two «fix-and-replace» techniques: A) a Burch-Schneider reconstruction (BSR) cage and B) a reinforcement ring (RR)

combined with posterior column plating and anterior column screw fixation. Standardized 4th-generation Sawbones® hemipelvis models with T-type discontinuities were used. Relative micromotions at all fracture site (4

Zones) were recorded under cyclic loading (200, 400, 800, 1200 N) using an optical tracking system. Fixation failure was defined as a fracture gap  $\geq 1$  mm (measurement accuracy approx. 10  $\mu\text{m}$ ).

No fixation failure occurred in any of the six models (3 BSR, 3 RR). Up to 400 N, fracture gaps were minimal in both groups. At 800 N, BSR showed a non-significant increase. At 1200 N, BSR had significantly more displacement in 2 Zones ( $p < 0,005$ ). Slope analysis confirmed a steeper increase in gap with BSR at  $\geq 800$  N ( $p < 0,01$ ). Both constructs offered good stability, but RR outperformed BSR at higher loads in the clinically most relevant area (Zone of the posterior column).

S. Jakobs

in collaboration with  
Johannes Bastian  
(Inselspital)

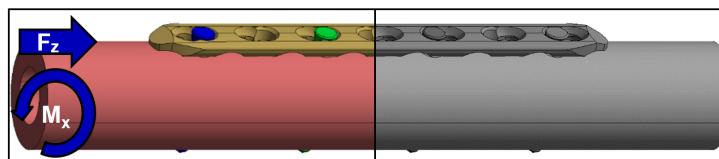
**Abbildung:**  
Test-Setup für den mechanischen Versuch (optischer Sensor ist nicht dargestellt). Die Einspannung der Knochenmodelle ist im Bild verdeckt, wurde aber durch ein zuvor angefertigter 3D-Negativabdruck des Iliosakralgelenks umgesetzt.

**Figure:**  
Test setup for the mechanical test (optical sensor not shown). The fixation of the bone models is hidden in the picture, but was realized by a previously made 3D negative impression of the sacroiliac joint.

## Schraubenauswahl am Plattenende und Risiko später peri-implantärer Frakturen Screw selection at the plate end and the risk of late peri-implant fractures

S. Jakobs

Die Einführung winkelstabiler Platten hat einige Schwierigkeiten konventioneller Osteosynthesen gelöst, doch Versagensfälle treten weiterhin auf. Eine mögliche Komplikation ist eine peri-implantäre Fraktur am Plattenende nach abgeschlossener Frakturheilung. Diese Studie untersucht, wie sich der Schraubentyp am Plattenende auf die Beanspruchung des Knochens am Plattenende auswirkt.



Ein digitales Modell einer Standardplatte und Schrauben (ohne Gewinde modelliert) wurde erstellt, um mechanische Spannungen zu simulieren. Platte und Schrauben bestanden aus Titan, der Knochen wurde als hohler Zylinder modelliert. Osteoporose wurde durch eine Reduktion der Kortikalisdicke und des Elastizitätsmoduls um 30 % nachgebildet.

Verschiedene Schraubenkonfigurationen wurden unter simulierten Belastungen getestet: normales Gehen und Stolpern. Die Schrauben wurden unterschiedlich modelliert: Winkel stabile Schrauben waren fest in der Platte verankert, nicht-winkelstabile Schrauben erlaubten Relativbewegungen in der Platte. Die Dehnung im Knochen wurde im Bereich um die Schrauben gemessen.

Im gesunden Knochen führte eine nicht-winkelstabile Schraube im letzten Loch – bei leerem zweitletztem Loch – zu den geringsten Beanspruchungen, rund 50 % weniger als bei einer winkelstabilen Schraube. Im osteoporotischen Knochen schnitt die Kombination aus zwei winkelstabilen Schrauben besser ab.

Wenn anatomische Gegebenheiten eine ausreichend lange Platte erlauben (gemäss den vier AO-Prinzipien der Frakturversorgung), kann diese Schraubenkonfiguration das Risiko späterer peri-implantärer Frakturen im gesunden Knochen senken. Bei osteoporotischem Knochen sind zwei bikortikale winkelstabile Schrauben vorteilhafter.

### Abbildungen:

Oben: Verwendetes 3D-Modell mit Ausnutzung der Symmetrie um das vierte Loch. Schrauben befinden sich entweder in den Löchern 1 und 3 oder in 1 und 2 (von links).

Rechts: Vernetzung im Bereich der Schrauben wurde verfeinert und strukturiert für die Auswertung der Dehnungen.

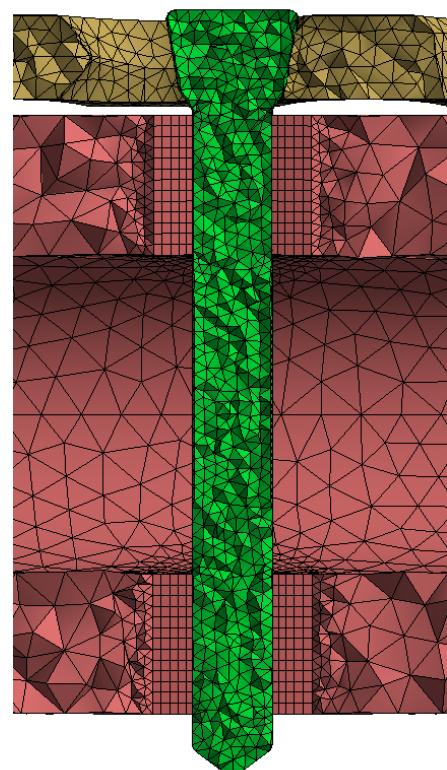
### Figures:

Top: 3D model used, utilizing the symmetry around the fourth hole. Screws are either in holes one and three, or in one and two (counted from the left).

Right: Mesh in the area of the screws was refined and structured for the evaluation of the strains.

The introduction of locking plates has addressed some of the challenges of conventional internal fixation, but fixation failure still occurs. A possible complication is a peri-implant fracture at the end of the plate after the frac-

ture has healed. This study investigated how screw type at the plate's end affected stress concentration. A digital model of a standard bone plate and screws (without modelled thread) was created to simulate mechanical stress. The plate and screws were from titanium and the bone was modeled as a hollow cylinder. Osteoporotic conditions were simulated by reducing the cortical wall thickness and the Young's modulus by 30 %. Different screw setups were tested under simulated forces: normal walking and stumbling. Screws were modeled with different connections – locking screws were tightly fixed in the plate, while non-locking screws allowed slight movement. Strain in the bone was measured around the screws. In healthy bone, using a non-locking screw at the last hole (and leaving the one before empty) showed the lowest stress – 50 % less than with a locking screw. In osteoporotic bone, using locking screws in both holes worked better. If anatomical conditions allow

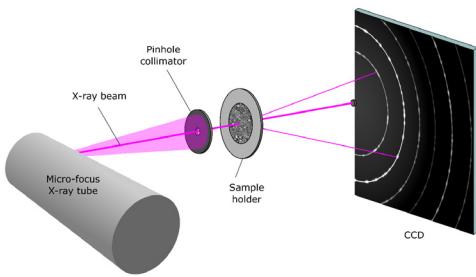


the use of a sufficiently long plate (following the four AO principles of fracture management), placing a non-locking screw at the plate's end while leaving the second-to-last hole empty may reduce the risk of late peri-implant fractures in normal bone. In osteoporotic bone, bicortical locking screws in both holes appear more advantageous.

## Auswertung von XRD-Daten vom Mars-Rover Curiosity

### Evaluation of XRD data from the Mars rover Curiosity

Unser langjähriger Mitarbeiter und Experte für Biokeramik, Dr. Nicola Döbelin, entwickelt seit seiner Doktorarbeit das Open-Source-Programm Profex zur quantitativen Auswertung von Röntgenbeugungsdaten (XRD) mittels Rietveld-Verfeinerung [1, 2]. Im Jahr 2020 wurde er von Mitarbeitern des NASA Johnson Space Centers (Houston, Texas) kontaktiert, um Profex an die speziellen Anforderungen des CheMin-Instruments (Chemistry



and Mineralogy) anzupassen – einem XRD-Gerät, das sich seit der Landung des Mars-Rovers Curiosity im Jahr 2012 auf dem Mars befindet (Abb. unten).

Die Aufgabe bestand darin, eine spezifische Instrumentenkonfiguration für Profex zu entwickeln, die die experimentellen Bedingungen des CheMin-Instruments realistisch abbildet (Abb. links). Durch Implementierung der charakteristischen Geometrie, Strahlparameter und Detektoreigenschaften konnte eine korrekte Beschreibung der Peakprofile erreicht werden. Zusätzlich wurde das sogenannte «Mars Mineral Compendium» in Profex integriert – eine Sammlung von 241 Strukturmodellen relevanter Minerale, die speziell für die Auswertung von Gesteinsproben aus dem Marskrater Gale zusammengestellt wurden.

Die Leistungsfähigkeit dieser neuen Lösung wurde anhand von sieben originalen CheMin-Datensätzen demonstriert. Darunter befanden sich unter anderem die Proben «Rocknest», «John Klein», «Buckskin» und «Mary Anning 3». Die Ergebnisse zeigten, dass mit Profex eine zuverlässige Identifikation und quantitative Bestimmung der kristallinen Phasen möglich ist – darunter Feldspäte, Pyroxene, Quarz, Sulfate sowie diverse Schichtsilikate. Dabei wurden auch Unterschiede zu bestehenden NASA-Auswertungen sichtbar, etwa hinsichtlich der Nachweisbarkeit von schwach kristallinen Phasen wie Biotit oder Smektit sowie der Genauigkeit der Phasengehalte. Besonders hervorzuheben ist, dass Profex mit dieser Erweiterung eine vollständig frei verfügbare und plattformunabhängige Softwarelösung darstellt, die nicht nur für irdische Labore, sondern auch für extraterrestrische Anwendungen

einsatzfähig ist. Die zugrunde liegende Arbeit wurde in Zusammenarbeit mit dem NASA-Team in der Fachzeitschrift Planetary and Space Science veröffentlicht [3].

Our long-time colleague and bioceramics expert, Dr. Nicola Döbelin, has been developing the open-source program Profex for the quantitative analysis of X-ray diffraction (XRD) data using Rietveld refinement since his doctoral research [1, 2]. In 2020, he was approached by researchers at NASA's Johnson Space Center (Houston, Texas) with a request to adapt Profex to the specific requirements of the CheMin (Chemistry and Mineralogy) instrument – an XRD device operating onboard the Mars rover Curiosity since its landing in 2012 (Fig. bottom).

The task involved developing a dedicated instrument configuration in Profex that accurately reflects the experimental conditions of CheMin (Fig. left). By implementing the instrument's unique geometry, beam parameters, and detector characteristics, it became possible to model the peak profiles with high precision. Additionally, the «Mars Mineral Compendium» was integrated into Profex – a library of 241 structure models relevant to Mars geology, specifically compiled for analyzing sedimentary rocks from Gale Crater. The capabilities of this new solution were demonstrated using seven original datasets acquired by CheMin. These included samples such as «Rocknest», «John Klein», «Buckskin», and «Mary Anning 3». The results showed that Profex allows reliable identification and quantification of crystalline phases – including feldspars, pyroxenes, quartz, sulfates, and various phyllosilicates. In some cases, the analysis also revealed differences compared to existing NASA interpretations, particularly in the detection of poorly crystalline phases such as biotite or smectite, and in the precision of phase quantification.

Notably, Profex – with its new CheMin-specific extensions – now represents a fully open-source and platform-independent software solution that can be used not only in Earth-based laboratories but also for extraterrestrial data analysis. This work was published in collaboration with NASA researchers in Planetary and Space Science 224 (2022), 105596. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2022.105596>

N. Döbelin

Abbildungen:

Links: Schematische Darstellung des CheMin-Instruments.

Unten: Künstlerische Darstellung von Curiosity auf der Marsoberfläche (Bild mit freundlicher Genehmigung von NASA/JPL-Caltech).

Figures:

Left: Schematic representation of the CheMin instrument setup.

Bottom: Artist's concept of Curiosity on the surface of Mars (Image courtesy of NASA/JPL-Caltech).



## Vorlesungen ETH Zürich

## Lectures ETH Zurich

T. Imwinkelried

**I**m Auftrag der ETH Zürich organisiert die RMS Foundation seit mehreren Jahren das Wahlfach «Medical Devices» des Masterstudienangs «Pharmazeutische Wissenschaften».

**O**n behalf of ETH Zurich, RMS Foundation has been organising the elective course «Medical Devices» of the Master's degree programme «Pharmaceutical Sciences» for



Im Frühlingssemester werden den Masterstudenten und Doktorierenden Grundkenntnisse über Medizinprodukte vermittelt, durch Vorlesungen von Dozenten aus der MedTech Industrie, einem Spital und der RMS Foundation. Das Modul gibt einen Überblick über die wichtigsten Arten von Medizinprodukten wie beispielsweise orthopädische, dentale und kardiovaskuläre Implantate. Die verschiedenen Materialien, die in Medizinprodukten verwendet werden – von korrosionsbeständigen Metallen bis hin zu abbaubaren Keramiken und Polymeren – werden ebenfalls vorgestellt. Zudem wird die Bedeutung der mechanischen Funktion, der Materialeigenschaften und der Oberflächenbeschaffenheit diskutiert. Ein Höhepunkt ist jeweils der Ausflug nach Bettlach, der eine Produktionsbesichtigung bei Enovis und einen Osteosynthese-Workshop bei der RMS Foundation umfasst. Dabei präsentieren die Studentinnen und Studenten ihre Gruppenarbeiten, bei denen sie sich mit einem selbst gewählten Thema auseinandersetzen.

several years. In the spring semester, Master's and doctoral students are taught basic knowledge about medical devices through lectures by lecturers from the MedTech industry, a hospital and the RMS Foundation. The module provides an overview of the most important types of medical devices such as orthopaedic, dental and cardiovascular implants. The different materials used in medical devices – from corrosion – resistant metals to degradable ceramics and polymers – are also presented. The importance of mechanical function, material properties and surface characteristics is also discussed. One of the highlights is the trip to Bettlach, which includes a production tour at Enovis and an osteosynthesis workshop at the RMS Foundation. The students also present their group work on a topic of their choice.



### Abbildungen:

Oben: Studentinnen beim Fixieren einer Osteosynthese-Platte auf einen simulierten Röhrenknochen (Synbone).

Unten: Fixieren einer Osteosynthese-Platte auf einen simulierten, durchtrennten Röhrenknochen (Synbone) während des Workshops.

### Figures:

Top: Students fixing an osteosynthesis plate to a simulated long bone (Synbone).

Bottom: Fixation of an osteosynthesis plate on a simulated, cut through long bone (synbone) during the workshop.

## Publikationen

### Publications

#### 2022

- Bohner M., Maazouz Y., Ginebra M. P., Habibovic P., Schoenecker J., Seeherman H., Van den Beucken J., Witte F.; Sustained local ionic homeostatic imbalance caused by calcification modulates inflammation to trigger heterotopic ossification. *Acta Biomaterialia*, 145, (2022), pp. 1-24, <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2022.03.057>
- Döbelin N., Archer R., Tu V.; A free and open-source solution for Rietveld refinement of XRD data from the CheMin instrument onboard the Mars Rover Curiosity. *Planet Space Sci*, 224, (2022), 105596, <https://doi.org/10.1016/j.pss.2022.105596>
- Le Gars Santoni B., Niggli L., Dolder S., Sblendorio G. A., Heuberger R., Maazouz Y., Stähli C., Döbelin N., Bowen P., Hofstetter W., Bohner M.; Effect of minor amounts of  $\beta$ -calcium pyrophosphate and hydroxyapatite on the physico-chemical properties and the osteoclastic resorption of  $\beta$ -tricalcium phosphate cylinders. *Bioactive Materials*, 10, (2022), pp. 222-235, <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2021.09.003>

#### 2023

- Le Gars Santoni B., Niggli L., Dolder S., Sblendorio G. A., Maazouz Y., Alexander D. T. L., Heuberger R., Stähli C., Döbelin N., Bowen P., Hofstetter W., Bohner M.; Influence of the sintering atmosphere on the physico-chemical properties and the osteoclastic resorption of  $\beta$ -tricalcium phosphate cylinders. *Acta Biomaterialia*, 169, (2023), pp. 566- 578, <https://doi.org/10.1007/s10856-023-06743-1>
- Sblendorio G. A., Le Gars Santoni B., Alexander D. T. L., Bowen P., Bohner M., Döbelin N.; Towards an improved understanding of the  $\beta$ -TCP crystal structure by means of «checkerboard» atomistic simulations. *Journal of the European Ceramic Society*, 43 (8), (2023), pp. 3746-3754, <https://doi.org/10.1016/j.jeurcer-amsoc.2023.02.036>

#### 2024

- Bohner M., Bigolin F., Bohner I., Imwinkelried T., Maazouz Y., Michel P., Röthlisberger S., Stähli C., Viecelli Y., Döbelin, N.; The reactivity of  $\alpha$ -tricalcium phosphate powders is affected by minute amounts of  $\beta$ -calcium pyrophosphate and by the synthesis temperature. *Open Ceramics*, 19, (2024), 100647, <https://doi.org/10.1016/j.oceram.2024.100647>
- Imwinkelried T., Heuberger R., Berger L., Rich A., Rubin W., Löffler J. F.; Beschichtung unterstützt den kontrollierten Abbau von Magnesium-implantaten. Oberflächen POLYSURFACES , 1/24, (2024), [www.polymedia.ch/de/zeitschrift/op/](http://www.polymedia.ch/de/zeitschrift/op/)
- Stähli C., Salinas A. J., Döbelin N., Testino A., Bohner M.; Density and phase-purity of  $\alpha$ -TCP obtained by sintering of nano-crystalline powder. *Ceramics International*, 50 (6), (2024), pp. 8586- 8593, <https://doi.org/10.1016/j.cera-mint.2023.07.068>

## Publikationen aus externen Projekten (EFO) mit RMS-Unterstützung

### Publications on external projects (EFO) with RMS grant

#### 2022

- Dreyer M. J., Taylor W. R., Wasmer K., Imwinkelried T., Heuberger R., Weisse B., Crockett R.; Anomalous Wear Behavior of UHMWPE During Sliding Against CoCrMo Under Varying Cross-Shear and Contact Pressure. *Tribology Letters*, 70(4), (2022), pp. 119ff, <https://doi.org/10.1007/s11249-022-01660-w>
- Galván-Chacón V., Zampouka A., Hesse B., Bohner M., Habibovic P., Barata D.; Bone-on-a-chip: a microscale 3D biomimetic model to study bone regeneration. *Adv Eng Mater*, (2022), <https://doi.org/10.1002/adem.202101467>
- Gegenschatz-Schmid K., Buzzi S., Grossmann J., Roschitzki B., Urbanet R., Heuberger R., Glück D., Zucker, A., Ehrbar, M.; Reduced thrombogenicity of surface-treated Nitinol implants steered by altered protein adsorption. *Acta Biomaterialia*, 137, (2022), pp. 331–345, <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2021.10.022>
- Kuehling T., Schilling P., Bernstein A., Mayr H. O., Serr A., Wittmer A., Bohner M., Seidenstücker M.; A novel human bone infection organ model for biomaterial research. *Acta Biomaterialia*, 144, (2022), pp. 230-241, <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2022.03.020>
- Suuronen J.-P., Hesse B., Langer M., Bohner M., Villanova J.; Evaluation of imaging setups for quantitative phase contrast nanoCT of mineralized biomaterials, *J. Synchrotron Radiation*, 29, (2022), <https://doi.org/10.1107/S1600577522003137>
- Wahl P., Mossu C., Dommann-Scherrer C., Wei K., Eschbach L., Gehr P., Benninger E.; Early failure of a highly cross-linked polyethylene inlay after total hip arthroplasty probably due to insufficient irradiation, Part H: *Journal of Engineering in Medicine*, 236(12), (2022), pp. 1711–1719, <https://doi.org/10.1177/09544119221130673>

#### 2023

- Kasten P., Jandl N. M., Zeifang F., Dallmann F., Jakobs S., Stalder K., Niemeier A.; Impact of polyethylene glenoid cementation technique on cement mantle integrity and stability after cyclic loading: a computed tomography and biomechanical study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 32 (2), (2023), pp. 383-391, <https://doi.org/10.1016/j.jse.2022.08.022>
- Ritschl L., Schilling P., Wittmer A., Bohner M., Bernstein A., Schmal H., Seidenstuecker M.; Composite material consisting of microporous beta-TCP ceramic and alginate-dialdehyde-gelatin for controlled dual release of clindamycin and bone morphogenetic protein 2. *J Mater Sci: Mater Med* 34, 39 (2023), <https://doi.org/10.1007/s10856-023-06743-1>

- Wellauer H., Heuberger R., Gautier E., Tannast M., Steinke H., Wahl P.; The history of the development of the regular straight stem in hip arthroplasty. EFORT Open Reviews, 8 (7), (2023), pp. 548- 560, <https://doi.org/10.1530/EOR-22-0122>

## 2024

- Alaoui Selsouli Y., Rho H. S., Eischen-Loges M. J., Galván-Chacón V. P., Stähli C., Viecelli Y., Döbelin N., Bohner M., Tahmasebi Birgani Z., Habibovic, P; Optimization of a tunable process for rapid production of calcium phosphate microparticles using a droplet-based microfluidic platform. Front. Bioeng. Biotechnol. 12, (2024), <https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1352184>
- Deshpande P., Wasmer K., Imwinkelried T., Heuberger R., Dreyer M., Weisse B., Crockett R., Pandian V.; Classification of Progressive Wear on a Multi-Directional Pin-on-Disc Tribometer Simulating Conditions in Human Joints-UHMWPE against CoCrMo Using Acoustic Emission and Machine Learning. Lubricants, 12 (2), 47, (2024), <https://doi.org/10.3390/lubricants12020047>
- Fleischhacker E., Sprecher C. M., Milz S., Saller M. M., Wirz R., Zboray R., Parrilli A., Gleich J., Siebenbürger G., Böcker W., Ockert B., Helfen T.; Inflammatory tissue response in human soft tissue is caused by a higher particle load near carbon fiber-reinforced PEEK compared to titanium plates. Acta Biomaterialia, 180, (2024), pp.128-139, <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2024.04.023>
- Liesegang M., Ghobara M., Matting S., Wirth R.; The colourful optical appearance of centric diatom fossil frustules with diagenetic nanocrystalline calcite fill. Facies, 70 (1), 1, (2024), <https://doi.org/10.1007/s10347-023-00675-6>
- Miron R. J. , Bohner M., Zhang Y., Bosshardt D. D.; Osteoinduction and osteoimmunology: Emerging concepts. Periodontol 2000, 94, (2024), pp. 9-26, <https://doi.org/10.1111/prd.12519>
- Palmer B., Karačić S., Low S. L., Janssen K., Färber H., Liesegang M., Bierbaum G., Gee C. T.; Decay experiments and microbial community analysis of water lily leaf biofilms: Sediment effects on leaf preservation potential. PloS one, (2024), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0315656>
- Strunz F., Gentil-Perret S., Siegrist M., Bohner M., Saulacic N., Hofstetter W.; Bisphosphonates do not affect healing of a critical-size defect in estrogen-deficient mice. Bone Reports, 20, 101739, (2024), <https://doi.org/10.1016/j.bonr.2024.101739>
- Strunz F., Stähli C., Heverhagen J., Hofstetter W., Egli R.; Gadolinium-based contrast agents and free gadolinium inhibit differentiation and activity of bone cell lineages. Investigative Radiology, 59 (7), (2024), pp. 495-503, <https://doi.org/10.1097/RLI.0000000000001049>
- Tatzel M., Oelze M., Frick D. A., Di Rocco T., Liesegang M., Stuff M., Wiedenbeck M.; Silicon and oxygen isotope fractionation in a silicified carbonate rock. Chemical Geology, 658, (2024), <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2024.122120>
- Torkornoo S., Bohner M., McCarroll I., Gault B.; Optimizing Parameters for Atom Probe Tomography Analysis of  $\beta$ -Tricalcium Phosphates. Microscopy and Microanalysis, 30 (6), (2024), pp. 1074-1082, <https://doi.org/10.1093/mam/ozae077>
- Wahl P., Heuberger R., Pascucci A., Imwinkelried T., Fürstner M., Icken N., Schläppi M., Pourzal R., Gautier E.; Correlation of cross-linking as measured by the trans-vinylene index and in vitro wear of polyethylene from various acetabular liner brands. Bone & Joint Research, 13 (11), (2024), pp. 682-693, <https://doi.org/10.1302/2046-3758.1311.BJR-2024-0203.R1>
- Waldmann M., Bohner M., Le L.-Q., Baghnavi A., Riedel B., Seidenstuecker M.; A model approach to show that monocytes can enter micro-porous  $\beta$ -TCP ceramics. BMC Biotechnology, 24 (1), (2024), <https://doi.org/10.1186/s12896-024-00857-2>
- Waldmann M., Bohner M., Baghnavi A., Riedel B., Seidenstuecker M.; Awareness for artifacts in fluorescence microscopy of  $\beta$ -TCP. BMC Res Notes 17, 122, (2024), <https://doi.org/10.1186/s13104-024-06781-0>
- Waldmann M., Bohner M., Baghnavi A., Riedel B., Seidenstuecker M.; Release kinetics of growth factors loaded into  $\beta$ -TCP ceramics in an in vitro model. Frontiers in Bioengineering and Biotechnol., 12, (2024), <https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1441547>
- Wellauer H., Heuberger R., Gautier E., Tannast M., Steinke H., Wahl P.; Reply to the Letter to the editor from Grappiolo G et al. to the article «The History of the development of the regular straight stem in hip arthroplasty». EFORT Open Reviews, 9 (2), (2024), pp. 148-149, <https://doi.org/10.1530/EOR-23-0177>

## Eingeladene Vorträge

### Invited Talks

## 2022

- Bohner M., Maazouz Y.; Fundamentals of ceramic shaping for biomedical applications. SHAPING 8 conference of ECerS, Dübendorf, Switzerland, 13.09. – 16.09.2022.
- Bohner M., Maazouz Y.; Calcium phosphate shaping for bone regeneration. SHAPING 8 conference of ECerS (plenary), Dübendorf, Switzerland, 13.09. – 16.09.2022.
- Bohner M.; *In vivo* behavior of calcium phosphates: the importance of surface chemistry. Bioceramics 2022, Venice, Italy, 20.09. – 23.09.2022.
- Döbelin N.; Career Talks at MERLN Institute. Maastricht University, Maastricht, Netherlands, 25.02.2022.
- Döbelin N., Chevalier J., Gremillard L., Kleeberg R.; Quantifying surface lattice distortions in Y-TZP. 19. Sitzung des AK Biokeramik, Würzburg, Deutschland, 14.10.2022.
- Imwinkelried T.; Verhilft eine clevere Beschichtung Magnesiumimplantaten zum Durchbruch? Winterthurer Oberflächentag, ZHAW Winterthur, Winterthur, 09.06.2022.
- Röthlisberger S.; Erkenntnisse aus der Praxis bei der mechanischen Prüfung und Analyse von Schadensfällen an Implantaten. 1. ZwickRoell-Symposium für Biomechanik und Orthopädie, Ulm, Deutschland, 28.04.2022.

**2023**

- Bohner M.; Three decades of research on calcium phosphates for bone regeneration. ESB 2023, Davos, Switzerland, 04.09. – 08.09.2023.
- Bohner M.; Does a temporal drop of extracellular calcium level induce heterotopic ossification in injured tissues? GRIBOI 2023, Solothurn, Switzerland, 16.10. – 17.10.2023.
- Bohner M.; Shaping calcium phosphate ceramics for osteoinduction. BioCAM Workshop, Mons, Belgium, 06.12. – 08.12.2023.
- Döbelin N.; Effect of the Ca/P ratio on  $\alpha$ -TCPcement properties. ECerS, Lyon, France, 04.07.2023.
- Döbelin N.; Characterization of OCP: Distinction from CDHA. Bioceramics 33, Solothurn, Switzerland, 17.10.2023.
- Stähli C.; Effekt des Ca/P-Verhältnis von  $\alpha$ -TCP auf die Eigenschaften mineralischer Knochenzemente. 20. Sitzung des Arbeitskreises Biokeramik, Würzburg, Deutschland, 17.11.2023.

**2024**

- Bohner M.; Designing calcium phosphates for bone regeneration:  $\alpha$ -TCP powders and scaffolds for osteoinduction. University of Uppsala, Uppsala, Sweden, 24.01.2024.
- Bohner M.; Advancements and insights in bone grafting. Vanderbilt University, Nashville, USA, 01.03.2024.
- Bohner M.; Biomineralization and heterotopic ossification. 24èmes Journées Françaises de Biologie des Tissus Minéralisés (JFBTM 24), Bordeaux, France, 24. – 26.04.2024.
- Bohner M.; *In vivo* mineralization to induce ectopic bone formation. WBC 2024, Daegu, Korea, 26. – 31.05.2024.
- Bohner M.; Calcium phosphate bone graft substitutes: past, present, and future. University of Nantes, France, 12.09.2024.
- Bohner M.; Ionic exchanges of implanted calcium phosphate bone graft substitutes control their biological response. Bioceramics 34, Shanghai, China, 18.10. – 21.10.2024.

**Vorträge****Talks****2022**

- Döbelin N., Chevalier J., Gremillard L., Kleeberg R.; Quantifying surface lattice distortions in Y-TZP. Bioceramics 2022, Venice, Italy, 20.09. – 23.09.2022.
- Imwinkelried, T., Pricolo L.; Embrittlement of thin magnesium wires during PEO coating. Symposium on Biodegradable Metals, Alicante, Spain, 24.08. – 29.08.2022.
- Imwinkelried T., Walser A., Berger L., Rubin W., Löffler J.; Influence of PEO coating parameters on coating thickness and topography. Symposium on Biodegradable Metals, Alicante, Spain, 24.08. – 29.08.2022.
- Maazouz Y., Patricio Domingues N., Bohner M.; Effect of sintering temperature and calcium to phosphorus ratio on the osteoinduction capacity of calcium phosphate granules in mice. Bioceramics 2022, Venice, Italy, 20.09. – 23.09.2022.
- Stähli C., Salinas E. F. A. J., Viecelli Y., Michel P., Döbelin N., Bohner M.; Production of dense and phase-pure  $\alpha$ -TCP from nano-crystalline powder. Bioceramics 2022, Venice, Italy, 20.09. – 23.09.2022.
- Strunz F., Siegrist M., Saulacic N., Bohner M., Hofstetter W.; Repair of a critical-size defect in estrogen-deficient mice treated with bisphosphonates. Congress of the European Calcified Tissue Society (ECTS 2022), Helsinki, Finland, 07.05. – 10.05.2022.
- Strunz F., Siegrist M., Bohner M., Saulacic N., Hofstetter W.; Repair of a critical-size bone defect in estrogen-deficient mice treated with bisphosphonates. SSB+RM 2022, Zurich, Switzerland, 07.06. – 09.06.2022.

**2023**

- Imwinkelried T.; Biodegradable magnesium implants: PEO-coating improves pre-clinical outcome. Orthomanufacture, Lausanne, Switzerland, 26.04.2023.
- Stähli C.; Effekt des Ca/P- Verhältnis von  $\alpha$ -TCP auf die Eigenschaften mineralischer Knochenzemente. 20. Sitzung des Arbeitskreises Biokeramik, Würzburg, Deutschland, 17.11.2023.

**2024**

- van der Heide D., Della Bella E., Stähli C., Maazouz Y., Bohner M., Yuan H., de Groot-Barrère F., Stoddart M. J., D'Este M.; Effect of Calcium Phosphate Granules on Osteogenic Differentiation of hMSCs in vitro. SSB+RM 2024, St. Gallen, Switzerland, 04.09. – 05.09.2024.

**Poster-Präsentationen****Poster presentations****2022**

- Salinas E. F. A. J., Stähli C., Döbelin N., Bohner M.; Formation of  $\beta$ -TCP in  $\alpha$ -TCP by intrinsic stress. 32nd Annual Conference of the European Society of Biomaterials (ESB 2022), Bordeaux, France, 04.09. – 08.09.2022.

**2023**

-

**2024**

- Elharouni F., Lindenmann S., Maazouz Y., Wehrle E., Müller R., Bohner M.; 6th SSB+RM Young Scientist Symposium, ETH Zurich, Switzerland, 12.01.2024.
- Elharouni F., Maazouz Y., Bohner M.; Unlocking the Effect of Macropore Size and Ionic Exchanges on Osteoinduction, SSB+RM 2024, St. Gallen, Switzerland, 04.09. – 05.09.2024.
- Ritschl L., Schilling P., Wittmer A., Serr A., Bohner M., Schmal H., Seidenstuecker M.; Dual Release Of Daptomycin And Bmp-2 From A Composite Of Microporous  $\beta$ -tcp Ceramic And Ada Gelatin For Bone Regeneration. ORS 2024, Long Beach (CA), USA, 02.02. – 06.02.2024.
- Seidenstuecker M., Kuehling T., Schilling P., Mayr H. O., Serr A., Bohner M.; Bone Infection Organ Model Of Human Origin For Biomaterials Research Research. ORS 2024, Long Beach (CA), USA, 02.02. – 06.02.2024.

**Tagungsorganisation und Sessionsvorsitze**  
**Conference organization and session chairs**

**2022**

- Bohner M.; Session «Scaffolds». 32nd Annual Conference of the European Society of Biomaterials (ESB 2022), Bordeaux, France, 05.09.2022.
- Bohner M.; Session «Sustainability of Biomaterials». 32nd Annual Conference of the European Society of Biomaterials (ESB 2022), Bordeaux, France, 08.09.2022.
- Bohner M.; Sessions B «Processing effects on shape or properties». SHAPING 8 conference of ECerS, Dübendorf, Switzerland, 14.09.2022.
- Bohner M.; Sessions D «Porous materials, foam structures and their applications». SHAPING 8 conference of ECerS, Dübendorf, Switzerland, 14.09.2022.
- Bohner M.; Plenary session 3. Bioceramics 2022, Venice, Italy, 20.09. – 23.09.2022.
- Bohner M.; Symposium Organizing Committee of symposium H: «Ceramics and glasses for healthcare, Bioceramics and Optical ceramics, Bio-Electroceramics», Ceramics in Europe 2022, Krakow, Poland, 10.07. – 14.07.2022.
- Bohner M.; Scientific Advisory Board for URM-S1260 INSERM, University of Strasbourg, Strasbourg, France, 17.01.2022.
- Döbelin N.; Session «CaP Bioceramics for regenerative medicine». Bioceramics 2022, Venice, Italy, 20.09. – 23.09.2022.
- Eschbach L.; Organisator und Vorsitz Session 1. «[MEET THE EXPERT] Implants», FHNW Muttenz, 08.09.2022.

**2023**

- Bohner M.; Session chair, Frontiers in Biominerilization, Conference of the European Society for Biomaterials (ESB 2023), Davos, Switzerland, 04.09. – 08.09.2023.
- Bohner M.; Plenary, Three decades of research on calcium phosphates for bone regeneration, Conference of the European Society for Biomaterials (ESB 2023), Davos, Schweiz, 06.09.2023.
- Bohner M.; Session 4, GRIBOI 2023, Solothurn, Switzerland, 16.10. – 17.10.2023.
- Bohner M.; Plenary lecture 3, Bioceramics 33, Solothurn, Switzerland, 17.10. – 20.10.2023.
- Bohner M.; Cell-materials interaction and biocompatibility 1, Bioceramics 33, Solothurn, Switzerland, 17.10. – 20.10.2023.– Döbelin N.; Session chair, Clinical applications of ceramics and technologies in dentistry 02, 18th ECerS Conference Lyon, France, 04.07.2023.
- Bohner M.; Co-organizer of the symposium 10 (Bioceramics, composites and bioactive glasses for healthcare), 18th ECerS Conference, Lyon, France, 02.07. – 06.07.2023.
- Bohner M.; Program committee and scientific committee member of the 33rd Annual Conference of the European Society for Biomaterials (ESB 2023), Davos, Switzerland, 04.09. – 08.09.2023.
- Bohner M.; Chair of Bioceramics 33, Solothurn, Switzerland, 17.10. – 20.10.2023.
- Bohner M.; Chair of GRIBOI 2023, Solothurn, Switzerland, 16.10. – 17.10.2023.
- Döbelin N.; Ceramics and glasses for dental applications 2, Bioceramics 33, Solothurn, Switzerland, 17.10. – 20.10.2023.
- Döbelin N.; Latest Advances in Biomedical Applications of Octacalcium Phosphate, Bioceramics 33, Solothurn, Switzerland, 17.10. – 20.10.2023.
- Maazouz Y.; Innovative manufacturing processes 1, Bioceramics 33, Solothurn, Switzerland, 17.10. – 20.10.2023.
- Stähli C.; Rapid fire session, Bioceramics 33, Solothurn, Switzerland, 17.10. – 20.10.2023.
- Stähli C.; Innovative manufacturing processes 2, Bioceramics 33, Solothurn, Switzerland, 17.10. – 20.10.2023.

**2024**

- Bohner M.; Co-organizer of Symposium T5.1 «Global Innovations in Biomaterials, Biomanufacturing, and Biotechnologies»; 14th International Conference on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Systems (CMCEE), Budapest, Hungary, 18.08. – 22.08.2024.
- Bohner M.; International Scientific Committee. Bioceramics 34, Shanghai, China, 18.10. – 21.10.2024.

## Seminarvorträge in der RMS Seminary talks at the RMS

### 2022

- 12.04.2022 Dr. Hanna Wellauer; Orthopädie, Kantonsspital Winterthur: Die Geschichte der Geradschäfte der Hüftendoprothetik: von Charnely bis heute.
- 21.04.2022 Prof. Dr. Alberto Ortona; Hybrid Materials Laboratory, MEMti – SUPSI, Lugano: Design, additive manufacturing and testing of periodic cellular ceramics.
- 25.08.2022 Prof. Dr. Olivier Bonny; CHUV Lausanne: Kidney stones: undue biomineralization with clinical consequences.

### 2023

–

### 2024

- 24.04.2024 Prof. Philip Procter; CPP SAS: Where biomaterials could make a clinical difference in traumatology- when to screw and glue?
- 24.09.2024 Prof. Dr. Conrado Aparicio; Universitat Politecnica de Catalunya: Bioinspired biomaterials at surfaces and interfaces to prevent oral implant infections and control biominerallization.

## Lehrtätigkeiten

### Teaching activities

#### 2022

##### Lektionen:

- ETH Zürich, Dept. of Chemistry and Applied Biosciences, Masterstudiengang in «Pharmaceutical Sciences» - Wahlmodul 13 «Medical Devices» (Koordinator: Dr. T. Imwinkelried), Mai / Juni 2022:
  - > Bohner M.; 1 Lektion: «Ceramics in medical devices (focus on «bone substitutes»)».
  - > Gasser B.; 2 Lektionen: «Orthopaedic implants».
  - > Imwinkelried T.; Organisation, Gruppenarbeiten, Prüfungen und 4 Lektionen: «Introduction to the module», «Pacemaker case study: a patient's view», «Metals in medical devices (focus on «biometals»)», «Interaction with implant surfaces».
- ETH Zürich, Dept. of Health Sciences and Technology, Masterstudiengang «Materials and Mechanics in Medicine», 25.10.2022:
  - > Döbelin N.; Vorlesung «Biocompatibility assessment of medical devices according to ISO 10993».
- University of Bern, Master program «Biomedical Engineering», Vorlesung «Applied Biomaterials», total 14 Lektionen, Oktober – Dezember 2022:
  - > Bohner M.: «Bone graft substitutes».
  - > Imwinkelried T.: «Metallic biomaterials».
  - > Heuberger R.: «Wear and particle disease».
  - > Eschbach L.: «Implant failure mechanismus».
  - > Maazouz Y.: «Biocompatibility».
  - > Döbelin N. und Gasser B.: «Visit to RMS Foundation and hands-on workshop» (zweimalige Durchführung).
- Fondation Suisse de la Recherche en Microtechnique (FSRM), Neuenburg, Cours en «Biomatériaux en technologie médicale», 29.03.2022:
  - > Imwinkelried T.; 4 Lektionen: «Interaction avec la surface de l'implant», «Implants en mousse métallique», «Implants en métal biodégradable», «Utilisation de polymères en technologie médicale».
- Bohner M., Maazouz Y.; «Fundamentals of ceramic shaping for biomedical applications», Summer school of SHAPING 8 Summer School of ECerS, Dübendorf, Switzerland, 13.09. – 16.09.2022.

#### 2023

- ETH Zürich, Dept. of Chemistry and Applied Biosciences, Masterstudiengang in «Medicinal and Industrial Pharmaceutical Sciences» - Wahlmodul 13 «Medical Devices» (Koordinator: Dr. T. Imwinkelried), Mai 2023:
  - > Döbelin N.; 1 Lektion: «Bone substitutes».
  - > Imwinkelried T.; Organisation, Gruppenarbeiten, Prüfungen und 5 Lektionen: «Introduction to the module», «Interaction with implant surfaces» «Pacemaker case study: a patient's view», «Metals in medical devices» , «Orthopaedic implants».
- University of Bern, Master program «Biomedical Engineering», Vorlesung «Applied Biomaterials», total 6 Lektionen & Osteosynthese Workshop, September – Dezember 2023:
  - > Bohner M.: «Bone substitute materials».
  - > Heuberger R.: «Wear and particle disease».
  - > Imwinkelried T.: «Metallic biomaterials».

**2024**

- ETH Zürich, Dept. of Chemistry and Applied Biosciences, Masterstudiengang in «Medicinal and Industrial Pharmaceutical Sciences»- Wahlmodul 13 «Medical Devices» (Koordinator: Dr. T. Imwinkelried), Mai 2024:
  - > Bohner M.; 1 Lektion: «Bone substitutes».
  - > Maazouz Y.; «Certification: Medical Devices vs. Pharma».
  - > Imwinkelried T.; Organisation, Gruppenarbeiten, Prüfungen und 5 Lektionen: «Introduction to the module», «Interaction with implant surfaces» «Pacemaker case study: a patient's view», «Metals in medical devices», , «Orthopaedic implants».
- University of Bern, Master program «Biomedical Engineering», Vorlesung «Applied Biomaterials», total 8 Lektionen & Osteosynthese Workshop, September – Dezember 2024:
  - > Bohner M.: «Bone substitute materials».
  - > Heuberger R.; «Wear and particle disease».
  - > Imwinkelried T.; «Metallic biomaterials & implant failure mechanismus (with Prof. P. Wahl)».
- Forschungszentrum Jülich, Deutschland, Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK): Rietveld-Verfeinerung mit Profex, 07. – 08. März 2024:
  - > Döbelin N.; 8 Lektionen.

**Auszeichnungen****Awards****2022**

–

**2023**

- Bohner M.; George Winter Award 2023, European Society for Biomaterials.

**2024**

- Bohner M.; Dr. h. c. University of Uppsala, 26.01.2024.
- Bohner M.; Fellow of Biomaterials Science and Engineering, 27.05.2024.

**Patente****Patents****2022**

- PCT-Anmeldung: PCT/CH08/000200 (S09\_0031; 2425/PCT)  
Erfinder / Eigentümer: M. Bohner / Dr. h. c. Robert Mathys Stiftung, Bettlach  
Titel: Calcium phosphate particles and hydraulic cements based thereon  
Erteilung in: EU (EU 2 271 585), USA (US 8,2878,641), CAN (CA 2,723,128), JAP (JP 5 481 471), AUS (AU 2008355685)
- PCT-Anmeldung: PCT/CH2012/000270 (S13\_0002; 2939/PCT)  
Erfinder / Eigentümer: A. Butscher, M. Bohner, N. Döbelin / Dr. h. c. Robert Mathys Stiftung, Bettlach  
Titel: Knochenersatz und Verfahren zu dessen Herstellung  
Erteilung in: USA (US 9907654 B2)

**2023**

–

**2024**

–

## Personal / Personnel

### Stiftungsrat / Board of Trustees

Mathys Gabriela; Präsidentin / President

Mitglieder: Dr. Kaiser Urs (bis / until 31.12.2024), Mathys Gabriela, Mathys Reinhold, Mathys Robert, Gasser Beat

### Wissenschaftlicher Rat / Scientific Board

Frigg Robert	Prof. Dr.
Gasser Beat	Dr. rer. nat., dipl. Ing. ETH
Gautier Emanuel	Prof. Dr. med.
Gerber Hans	Dr. sc. techn., dipl. Ing. ETH
Gröning Pierangelo	Dr.
Hofstetter Willy	Prof. Dr. phil. nat. (bis / until 31.12.2024)
Maniura Katharina	Prof. Dr.
Mathys Robert	Dipl. Ing. ETH
Schlappbach Louis	Prof. em., Dr. sc. nat.
Schmoker Roland	Dr. med. et Dr. med. dent.
Textor Hans Marcus	Prof. em., Dr. phil. II
Wahl Peter	PD Dr. med.

### Geschäftsleitung / Management

		Eintritt / Anstellungsdauer Entry / duration of employment
Eschbach Lukas	Dr. sc. techn., Geschäftsführer / PhD, Managing Director	01.11.1997 – 31.05.2023
Molenberg Aart	Dr. rer. nat., Geschäftsführer / PhD, Managing Director	01.06.2023
Bohner Marc	Dr. sc. techn., Dr. h. c., Leiter Forschung & Wissenstransfer / PhD, Head of Research & Knowledge Transfer	01.03.1998
Heuberger Roman	Dr. sc. ETH Zürich, dipl. Ing. ETH, Leiter Materialprüfung & Beratung / Dr. sc. ETH Zurich, MSc ETH, Head of Materials Testing & Consulting	01.11.2007
Herger Myriam	Dipl.-Ing. (FH), Leiterin Unterstützende Dienste & QM / Dipl.-Ing. (FH), Head of Supporting Services & Quality Management	01.05.2010
Mathys Gabriela	lic. iur., Rechtsanwältin und Notarin, Datenschutzberaterin / lic. iur., Attorney-at-Law and Notary Public, Data Protection Advisor	01.12.2021

### Wissenschaftliches, technisches und kaufmännisches Personal / Scientific, technical, and administrative employees

Adrian Fabienne	Leiterin Administration & Personal, Assistentin GF / Head of Administration & HR, Assistant to Managing Director	01.12.2019 – 31.03.2022
Bigolin Fabrizio	Teamleiter Analytik & Werkstoffprüfung / Team Leader Analytics & Materials Testing	01.08.1985
Brandt-dit-Siméon Yannick	Physiklaborant EFZ, Lehrlingsverantwortlicher / Physics Laboratory Technician, Responsible for apprentices	01.08.2009
Bucher Patrick	Dipl. El.-Ing. HTL; Stv. Leiter Informatik / Electronic Engineer; Dpty. Head of Information Technology	01.03.2002 – Pension 31.01.2023
Delfini-Inniger Irène	Chemielaborantin / Chemistry Laboratory Assistant	06.03.2006
Döbelin Nicola	Dr. phil. nat., MSc in Mineralogie; Teamleiter Biokeramik / PhD, MSc in Mineralogy; Team Leader Bioceramics	01.01.2006
Elharouni Farida	Doktorandin / PhD student	01.05.2023
Erzer Anita	Rechnungswesen; Betriebssanität / Accounting; First Aid	01.12.2006
Ettlin Joey	Leiter ICT / Head of ICT (Information & Communication Technology)	01.08.2023
Gilgen Rolf	Teilzeitlich Versuchsmechanik / Part-time Experimental Mechanics	07.11.2022
Haldi Cornelia	Administration; Marketing & HR / Administration; Marketing & HR	01.10.2011
Himmer Marina	Metallografin / Metallographer	05.05.1997
Husmann Martin	MAS FHNW Information Systems Management, Leiter Informatik / Head of Information Technology	01.08.2017 – 31.07.2023
Imwinkelried Thomas	Dr. sc. techn., dipl. Ing. EPFL; Senior Scientist, Verantw. Wissenstransfer / PhD, MSc EPFL; Senior Scientist, Responsible Knowledge Transfer	01.11.2014
Jakobs Stefan	MSc Maschinenbau; Teamleiter Bio- & Strukturmechanik / MSc Mech. Engineering; Team Leader Bio- & Struct. Mechanics	16.10.2017
Jedrinovic Lucija	Reinigungsfachfrau / Char Woman	01.10.2008
Limacher Kiano	Lernender Physiklaborant EFZ / Apprentice Physics Laboratory Assistant	01.08.2020 – 30.04.2022
Lips Maruan	Physiklaborant EFZ / Physics Laboratory Assistant	01.08.2017 – 31.12.2022
Loeffel Olivier	Laborant XPS und REM / XPS and SEM Laboratory Assistant	01.11.2006 – Frühpension 31.08.2022
Loges Anselm	Dr., Teamleiter Analytik & Werkstoffprüfung / PhD, Team Leader Analytics & Material Testing	01.09.2024
Maazouz Yassine	PhD, MSc in Engineering; Senior Scientist Biokeramik / Senior Scientist Bioeramics	01.09.2018
Mägerli Pascal	Lernernder Physiklaborant / Apprentice Physics Laboratory Technician	01.08.2022
Michel Pascal	Chemielaborant, Reinraum & SiBe Arbeitssicherheit/ Chemistry Laboratory Assistant, Clean Room & Responsible Safety	01.04.2013
Piot Joëlle	Doktorandin / PhD student	11.03.2024
Radicic Ljubisa	Materialprüfer / Materials Tester	16.02.2009
Röthlisberger Stefan	Verantwortlicher Statische & dynamische Prüfung / Responsible Static & Dynamic Product Testing	01.05.2020
Schaudinn Markus	Werkstoffprüfer; Materialografie / Materials tester; Materialography	01.04.2019 – 31.05.2024
Stähli Christoph	Dr., MSc EPFL Mat. Sc.; Senior Scientis Biokeramik / PhD, MSc EPFL Mat. Sc.; Senior Scientist Bioceramics	01.02.2015
Streit Dieter	Metallkunde-Laborant, Werkstofftechnik / Metallography Laboratory Assistant, Materials Technology	01.03.2015 – 31.12.2024
Tasneem Linda	Physiklaborantin / Physics Laboratory Technician	01.11.2024
Viecelli Yves	BSc in Molecular Life Sciences, Chemielaborant / Chemistry Laboratory Assistant; Labor Süd / Laboratory South	01.07.2018 – 30.11.2022
Wirz Ronny	Dr. sc. nat., Dipl. Chemiker ETH; Senior Scientist chemische Analytik / Dr. sc. nat., Dipl. in Chemistry ETH; Senior Scientist chemical Analytics	01.08.2018
Zeller Carmen	Teamleiterin Finanzen & HR / Team Leader Finance & HR	01.07.2022

### Gastforscher, Studenten, Praktikanten / Guest scientists, students, Interns

Giordano Thibault	Student, Ecole des Mines de Saint-Etienne	17.10.2022 – 16.04.2023
Pascucci Andrea	Student ETH Zürich	01.11.2022 – 31.01.2023
Waldvogel Oliver	Student, Uni Basel, Forschungspraktikum	24.06.2024 – 23.09.2024
Palermo Chiara	Chemische Laborassistentin / Chemical Laboratory Assistant	06.08.2024 – 31.07.2025



Titelbild – Auskristallisierung von Monetit auf  $\alpha$ -Kalziumphosphat.  
Cover picture – Crystallization of monetite on  $\alpha$ -calcium phosphate.



RMS Foundation  
Dr. h. c. Robert Mathys Stiftung  
Robert Mathys-Strasse 1  
CH-2544 Bettlach

Phone +41 32 644 20 00  
[rms@rms-foundation.ch](mailto:rms@rms-foundation.ch)  
[www.rms-foundation.ch](http://www.rms-foundation.ch)