



..... Testing • Research • Consulting

BERICHT
REPORT
2018

	Einleitung	3
Allgemein	Erneuerung der Website www.rms-foundation.ch	4
	Lehrlingsausbildung in der RMS	5
	Der «Nationale Zukunftstag» in der RMS Foundation	6
	Mitglied des Forschungsrats des Nationalfonds (SNF)	7
	Workshop «Pulver-Röntgenbeugung und Rietveld-Verfeinerung»	8
	Durchführung einer SVMT-Weiterbildung über «Biomaterialien»	9
	Werkstoffe / Oberflächen	Prüfung der Technischen Sauberkeit nach VDA 19 Teil 1
Elektrisches Schmelzaufschlussgerät für die RFA-Probenherstellung		11
Ringversuch: Argon-Analyse nach dem TGHE-Verfahren		12
Abriebbeständigkeit von TiN-beschichteten Titanproben im Kratztest		13
Druckfarbenvergleich und Papieranalyse an Briefmarken		14
Allergisch auf Metalle? Können Beschichtungen auf Implantaten helfen?		15
Bio- & Strukturmechanik	Biomechanische Testung verschiedener Hallux-valgus-Korrekturen	16
	Vergleich gängiger Fixationsmethoden bei Acetabulumfrakturen	17
	Homogenisiertes FE-Modell für die Knochen-Implantat-Schnittstelle	18
	Digitale Keramik für den Knochenersatz	19
Biokeramik & Biokompatibilität	XRD-Phasenquantifizierungen anhand semi-synthetischer Diffraktogramme	20
	Phosphat-Evaporation durch thermische Behandlung von CaP-Keramik	21
	Ionendotierte β -Trikalziumphosphatpulver und dichte Keramiken	22
	Designkriterien für die Reinigbarkeit von Medizinprodukten	23
	Klinische Bewertung von Medizinprodukten: Literaturstudien	24
	Leitung des COST-Programms «Implantatbedingte Infektionen»	25
Anhang	Publikationen	26
	Publikationen aus externen Projekten (EFO) mit RMS-Unterstützung	26
	Abstracts / Kurzfassungen, präsentiert als Vortrag (V) oder Poster (P)	27
	Eingeladene Vorträge (ohne Kurzfassung)	28
	Eingeladene Vorträge (mit Kurzfassung)	28
	Seminarvorträge in der RMS	29
	Lehrtätigkeiten	29
	Patente	31
	Personal	32

	Introduction	3
General	Renewal of the website www.rms-foundation.ch	4
	Apprentice formation at RMS	5
	The «National Future Day» at RMS Foundation	6
	Member of the National Research Council of the SNSF	7
	Workshop «powder X-ray diffraction and Rietveld refinement»	8
	Organizing a SVMT training course on «Biomaterials»	9
	Materials / Surfaces	Testing of technical cleanliness according to VDA 19 Part 1
Electric fusion digestion apparatus for XRF sample preparation		11
Round robin test: argon analysis using the CGHE method		12
Abrasion resistance of TiN coated titanium samples by a scratch test		13
Printing ink comparison and paper analysis on stamps		14
Allergic to metals? Can coatings improve CoCrMo implants?		15
Bio- & Structural Mechanics	Biomechanical testing of different hallux valgus corrections	16
	Comparison of routinely used fixation methods of acetabular fractures	17
	Homogenized finite element model of the bone-implant interface	18
	Digital ceramics for bone substitutes	19
Bioceramics & Biocompatibility	XRD phase quantifications using semi-synthetic diffraction data	20
	Phosphate evaporation by thermal treatment of CaP ceramics	21
	Ion doped β -tricalcium phosphate powders and dense ceramics	22
	Design criteria for the cleanability of medical devices	23
	Clinical evaluation of medical devices: literature studies	24
	Chairing the COST action on «device-associated infection»	25
Appendix	Publications	26
	Publications on external projects (EFO) with RMS grant	26
	Abstracts presented as lecture (V) or poster (P)	27
	Invited talks (without abstracts)	28
	Invited talks (with abstract)	28
	Seminary talks at the RMS	29
	Teaching activities	29
	Patents	31
	Personnel	32



Wir möchten trotz allen Fortschritts auch an schönen Traditionen festhalten und Kunden, Partner und Interessierte mit diesem Report 2018 über unsere vielseitigen Tätigkeiten von Analysen über Forschung bis Lehre während der letzten beiden Jahre informieren. Die Beiträge sollen wie immer einen Einblick in die verschiedenen Themen geben und Sie animieren, bei Bedarf mit unseren Mitarbeitenden direkt in Kontakt zu treten.

Wie die ganze Branche der Medizintechnik sind auch wir in Dienstleistung und Forschung gefordert, uns den ständig wachsenden Anforderungen, neuen Vorschriften und Regulierungen zu stellen. Dies mündet im Aufbau neuer Angebote zu Partikel- und Rückstandsanalysen, Reinigung und Wiederaufbereitung sowie Literaturstudien, die alle darauf abzielen, die Biokompatibilität und damit die Sicherheit von Implantaten und Instrumenten weiter zu verbessern. Anspruchsvollere Testmethoden bedingen unweigerlich einen größeren Aufwand bei der Implementierung und Validierung zur Qualitätssicherung des methodischen Vorgehens. Unsere Aufgaben werden so im Rahmen der Zertifizierung nach ISO 9001 und der Akkreditierung nach ISO/IEC 17025 immer spezifischer und umfangreicher.

Unsere Forschungsaktivitäten erfolgen häufiger in Zusammenarbeit mit Partnern, um auch da möglichst alle Aspekte und Meinungen zu einzelnen Fragestellungen berücksichtigen zu können. Zudem versuchen wir dem immer spezifischeren Wissen mit zunehmend gezielter Fokussierung auf Themen wie Oberflächen, Knochenersatz, additive Fertigung und Biomechanik zu begegnen. Die Ergebnisse unserer Anstrengungen werden zum Teil erst nach Jahren sichtbar. Verschiedene Publikationen, die Ernennung von Dr. Marc Bohner in den Forschungsrat des Schweizerischen Nationalfonds oder die Auszeichnung mit dem renommierten Fritz-Linder-Preis einer Arbeitsgruppe um Frau Dr. Anastasia Rakow der Charité,

Universitätsmedizin Berlin, für ein von der RMS finanziell unterstütztes Projekt, dokumentieren dies eindrücklich.

Möglich wird all das dank der Zusammenarbeit mit Kunden und Partnern, der Beratung und Führung durch unseren Wissenschaftlichen Rat und den Stiftungsrat sowie der Unterstützung durch die Stifterfamilien Mathys und Marzo. Dafür: ein «herzliches Dankschön» im Namen des ganzen RMS-Teams.

In spite of all the progress made, we would like to stick to beautiful traditions and inform customers, partners and interested parties with this report 2018 about our miscellaneous activities from analyses via research to teaching during the last two years. As always, the contributions are intended to provide an insight into the various topics and encourage you to contact our employees directly if desired.

Like the entire medical technology industry, we are challenged in service and research to meet the constantly growing demands, new requirements and regulations. This leads to the development of new offers for analyses of particles and residues, cleaning and reprocessing as well as literature studies, all of which aim to further improve the biocompatibility and thus the safety of implants and instruments. More sophisticated test methods inevitably require a greater effort in implementing and validating the quality management of the methodological approach. As a result, our tasks are becoming more and more specific and extensive within the scope of the certification according to ISO 9001 and the accreditation according to ISO/IEC 17025.

Our research activities are more often carried out in cooperation with partners in order to be able to take into account all aspects and opinions on individual issues. In addition, we try to meet the ever more specific knowledge with an increasingly targeted focus on topics such as surfaces, bone replacement, additive manufacturing and biomechanics. Some of the results of our efforts will only become visible after years. Various publications, the appointment of Dr. Marc Bohner as a member of the Swiss National Science Foundation's Research Council, or the awarding of the prestigious Fritz Linder Prize to a working group led by Dr. Anastasia Rakow at the Charité, Universitätsmedizin Berlin, for a project funded by the RMS provide impressive evidence of this.

All this is made possible thanks to the cooperation with customers and partners, the advice and guidance of our Scientific Committee and the Board of Trustees, as well as the support of the founder families Mathys and Marzo. For this: a heartfelt thank you on behalf of the entire RMS team.



Beat Gasser 

Erneuerung der Website www.rms-foundation.ch

Renewal of the website www.rms-foundation.ch

Der Internetauftritt einer Unternehmung im Dienstleistungsbereich stellt einen wichtigen Kontaktpunkt für bestehende und potenzielle Kunden dar. Im Jahre 2016 hat die RMS Foundation ihre Website vollständig erneuern lassen. Dabei wurde auf eine zeitgemässe grafische Umsetzung mit grossflächigen Bildern, eine intuitive Navigation und ein ansprechendes Farbkonzept geachtet. Für die Illustration kamen zum grossen Teil Aufnahmen von Mitarbeitenden bei Labortätigkeiten zum Einsatz. Auf der Eintrittsseite wurden «News-Containers» eingerichtet, die für die Ankündigung von Neuigkeiten, Veranstaltungen und Nachrichten verwendet werden können. Nach wie vor besteht ein passwortgeschützter Kundenbereich, der für den Datentransfer von Resultaten zu den Auftraggebern genutzt werden kann. Die Website bietet auch ein intelligentes Suchsystem und ist in Englisch und Deutsch verfügbar.

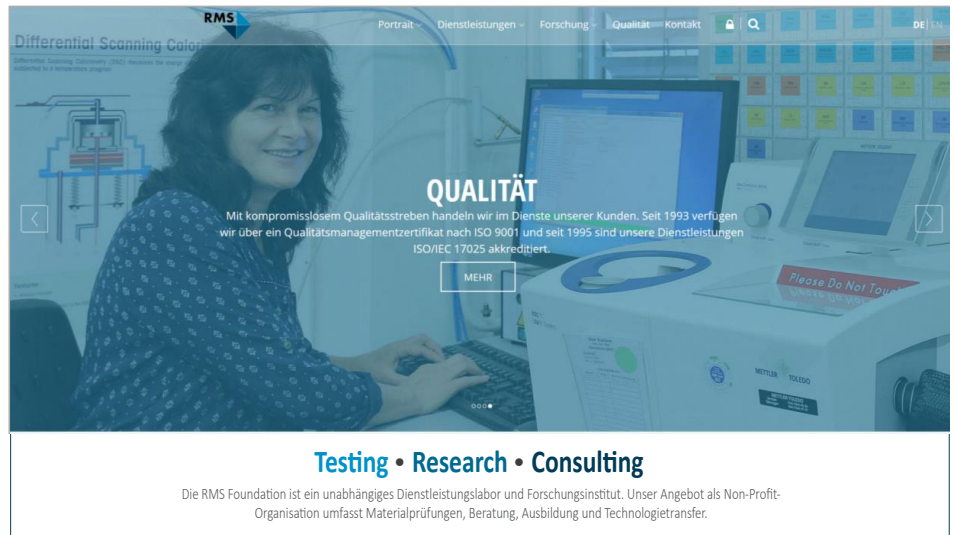
Die neue Website wurde mit responsivem Webdesign erstellt, so dass diese die Eigenschaften des jeweils benutzten Endgeräts (Smartphones, Tablets, Notebooks etc.) bezüglich grafischer Anordnung, Bildschirmgrösse und Eingabemethode berücksichtigt und jederzeit optimal dargestellt wird.

Ein aktuelles Content-Management-System erleichtert die Redaktion der Inhalte. Die Datenübertragung geschieht neu mit einem gesicherten Protokoll und erlaubt so eine verschlüsselte Verbindung zwischen Server und Client.

The internet presence of a service company constitutes an important point of contact for existing and potential customers. In the year 2016, the RMS Foundation renewed its website completely. Attention was paid to contemporary graphic design with large-format images, intuitive navigation and an appealing color

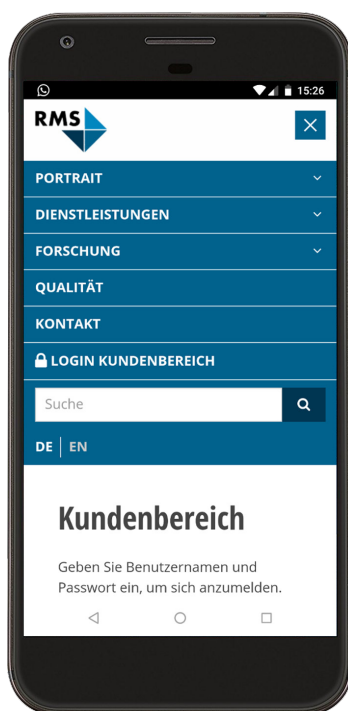
concept. Most of the images used for the illustration portray employees during laboratory work. On the entry page, «News-Containers» have been set up, which can be used to announce news and events. There is still a

L. Eschbach
C. Haldi



password-protected customer area which can be used for the data transfer of results to the clients. The website also offers an intelligent search system and is available in English and German.

The new website was created with responsive web design so that it takes into account the characteristics of each device used (smartphones, tablets, notebooks, etc.) in terms of graphical layout, screen size and input method and provides an optimal display at all times.



An up-to-date content management system facilitates content editing by the writers. The data transfer now utilizes a secured protocol and thus allows an encrypted connection between server and client.

Abbildungen:
Oben: Die Website www.rms-foundation.ch im neuen Design für grosse Bildschirme.
Links: Die für die Darstellung auf dem Smartphone angepasste Version der Menüführung.

Figures:
Top: The new design of the website www.rms-foundation.ch in the version for large screens.
Left: The website menu in the version dedicated to the presentation on the smartphone.

Lehrlingsausbildung in der RMS

Apprentice formation at RMS

A. Lau
Y. Brandt-dit-Siméon
F. Bigolin

Neben der Aus- und Weiterbildung von Studierenden engagiert sich die RMS Foundation auch in der Lehrlingsausbildung. Die RMS bildet bereits seit Jahren erfolgreich Physiklaboranten EFZ (Eidgenössisches Fähigkeitszeugnis) aus. Nachdem unsere letzte Lehrtochter Christin Zehnder im Sommer 2017 ihren gelungenen Abschluss als Physiklaborantin inklusive Berufsmatura feiern konnte, freuen wir uns sehr, in Maruan Lips wieder einen motivierten Auszubildenden für die 4-jährige Lehre bei uns gefunden zu haben.

Die Ausbildung erfolgt in Zusammenarbeit mit der allgemeinen Berufsschule Zürich, in welcher den Berufsschülern die umfangreichen

den Lernenden die Möglichkeit geben, weitere praktische Erfahrungen zu sammeln. Die RMS bietet ihrerseits den überbetrieblichen Kurs «Analytische Werkstoffprüfung» an.

Diese fachübergreifende Ausbildung erfordert eine gute Kommunikation zwischen den verschiedenen Gruppen der RMS. Dank der engagierten Unterstützung aller Mitarbeitenden gelingt dies schon lange sehr erfolgreich.

In addition to providing training and further education for students, the RMS Foundation is also involved in apprentice formation. For many years, the RMS has been successful in the training of physics laboratory assistants receiving a Swiss certificate of competence. After our last apprentice Christin Zehnder was able to celebrate her successful graduation as a physics laboratory assistant, including her vocational baccalaureate in the summer of 2017, we have found in Maruan Lips a motivated apprentice for the next 4-year apprenticeship at RMS.

The training is done in cooperation with the general school for professions in Zurich, in which vocational students are taught the extensive theoretical basics. At RMS, the apprentices gain practical experience in the fields of mechanical materials testing, analytics and materialography during this time. The training contents include tensile and compression tests, bending tests and hardness measurements on various materials. The identification and quantification on all different kind of materials (metals, ceramics and plastics) as well as the structural analysis of metallic and ceramic materials (amongst other things phase purity and content, grain size) are among the basic training objectives. In addition, inter-company courses are held at various training companies, which give apprentices the opportunity to gain further practical experience. The RMS contribution is the inter-company course «Analytical Materials Testing».

This interdisciplinary training requires good communication between the different groups of RMS. Thanks to the dedicated support of all employees, apprentice formation remains a success.

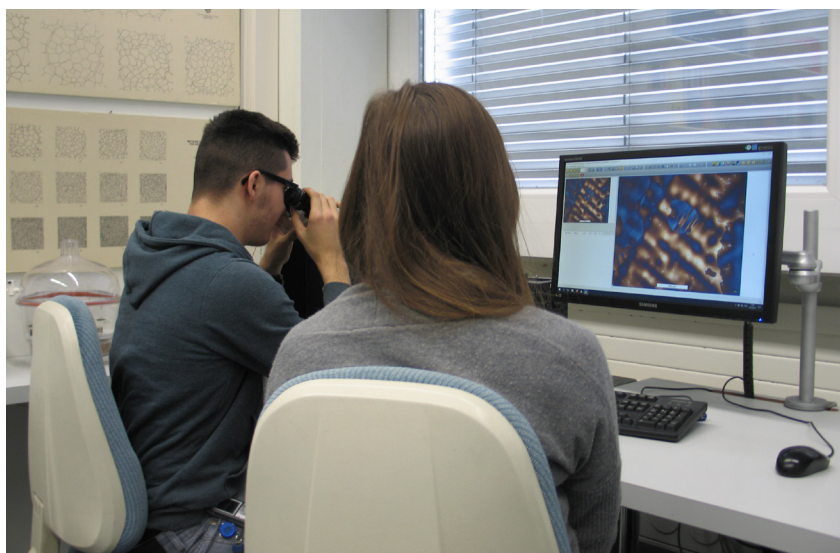


Abbildung:
Ein Lernender – unter Aufsicht
– an der Arbeit am Lichtmikroskop.

Figure:
An apprentice at work on the
light microscope – under supervision.

theoretischen Grundlagen vermittelt werden. In der RMS erlangen die Lernenden während dieser Zeit praktische Erfahrung auf den Gebieten der mechanischen Werkstoffprüfung, der Analytik und der Materialografie. Ausbildungsinhalte sind unter anderem Zug- und Druckversuche, Biegeprüfungen und Härtemessungen an verschiedensten Materialien. Die Identifikation und Quantifizierung unterschiedlichster Werkstoffe (Metalle, Keramiken und Kunststoffe) gehören ebenso wie die Gefügeanalyse metallischer und keramischer Materialien (unter anderem Reinheitsgrad, Phasenanteil, Korngrösse) zu den grundlegenden Ausbildungszielen. Zudem finden bei unterschiedlichen Ausbildungsbetrieben immer wieder überbetriebliche Kurse statt, die

Der «Nationale Zukunftstag» in der RMS Foundation The «National Future Day» at RMS Foundation

Der «Nationale Zukunftstag. Seitenwechsel für Mädchen und Jungs» ist ein interkantonales Kooperationsprojekt, das einen frühzeitigen Einblick in die Berufswelt gewährt und die Gleichstellung von Frauen und Männern bei der Berufswahl und Lebensplanung fördert. Die RMS beteiligt sich seit einigen Jahren regelmässig an diesem Zukunftstag.

Am 9. November 2017 besuchten 14 Schülerinnen und Schüler die RMS. Das Programm beinhaltete Präsentationen und praktische Übungen zu den vielfältigen Prüfdienstleistungen in den Bereichen Medizin- und Werkstofftechnik. Den Schülern wurde ebenso ein Überblick über verschiedene Forschungsprogramme im Fachgebiet der Orthopädie vermittelt. Insbesondere wurden die Kinder in die Grundlagen der Rasterelektronenmikroskopie (REM) eingeführt. Sie lernten, die Proben mit Hilfe des X-Y-Controllers zu positionieren und konnten an Präparaten die 3D-Oberflächenstruktur von Libellenaugen, Fliege, Wespe, Käfer und Echthaar in hoher Vergrösserung beobachten.

Mehrere Mitarbeitende der RMS führten mit den jungen Besuchern verschiedene physikalische Experimente durch und erklärten ihnen – experimentell, aber auch auf unterhaltsame Art anhand von Diskussionen – wie wichtig es ist, die Qualität der Ausgangsmaterialien für Produkte zu kontrollieren und zu testen.

Ein Highlight des Tages waren die spielerischen Experimente, die von Chemikern und Laboranten vorbereitet wurden. Innerhalb von zwei Stunden führten die Kinder eine Reihe von chemischen Tests durch, um Phänomene wie Fluoreszenz, Polymervernetzung, Säure-Basen-Gleichgewicht, Oxidationsprozesse und chemische Indikatoren kennenzulernen. RMS-Chemiker führten alle Teilnehmer durch die Experimente, beantworteten Fragen und motivierten Jugendliche auf diese Art für die Naturwissenschaften.

The «National Future Day» is an intercantonal cooperation project that gives an early insight to the world of work and promotes equality between women and men in

the choice of career and life planning. RMS has been taking part in this Future Day on a regular basis for several years now.

On 9th November 2017, fourteen children visited the RMS. The program included presentations and practical experiments on diverse testing services in the fields of medical and materials technology. As well, the children were given an overview into different research programs associated to the orthopedic area.



In particular, the visitors were introduced to the fundamental principles of the Scanning Electron Microscope (SEM) technique. They learned how to position the samples using the X-Y controller and were able to observe at high magnification the 3-D surface structure of samples such as the eyes of a dragonfly, house fly, wasp, beetle and human hair.

Several RMS employees were involved in various physical experiments with the young visitors and explained to them – experimentally, but also in a fun way through discussions – the importance of controlling and testing the quality of the raw materials for products.

One highlight of this day was hands-on fun experiments prepared by chemists and lab assistants. During two hours, the children did a series of chemical tests to be introduced to phenomena as fluorescence, polymer cross-linking, acid-base equilibrium, the oxidation process and chemical indicators. RMS chemists guided all participants through the experiments, answered questions and motivated kids in this way toward the natural sciences.

J. Sague
B. Andreatta
Y. Brandt-dit-Siméon
A. Lau
C. Haldi
J. Meister

Abbildung:
13- bis 15-jährige Jugendliche
während der chemischen Experimente
in der RMS Foundation.

Figure:
Hands-on chemical experiments
at RMS Foundation for
13 to 15 years old adolescents.

Mitglied des Forschungsrats des Nationalfonds (SNF) Member of the National Research Council of the SNSF

M. Bohner

Der Schweizerische Nationalfonds (SNF) ist die wichtigste Forschungsförderungsstelle in der Schweiz. Die 1952 gegründete Privatstiftung ist von der Regierung beauftragt, die Grundlagenforschung in allen akademischen Disziplinen, von der Geschichte über die Medizin bis hin zu den Ingenieurwissenschaften, zu unterstützen. Im Jahr 2016 finanzierte sie 3244 Projekte mit einem Gesamtvolumen von 937 Mio. CHF. Alle Forschungsthemen können gefördert werden. Dies spiegelt sich im Titel der Abteilungen des SNF wider: (I) Geistes- und Sozialwissenschaften; (II) Mathematik, Natur- und Ingenieurwissenschaften; (III) Biologie und Medizin; (IV) Programme.

und September) versandt werden, konzentriert sich die Arbeit der Mitglieder des SNF-Forschungsrates auf die Zeit davor, nämlich auf die Monate Januar und Februar sowie Juli und August. Die wissenschaftlichen Arbeiten sind multidisziplinär. Die Forschungsthemen sollen wertvolles Wissen für Gesellschaft, Wirtschaft und Politik schaffen.

The Swiss National Science Foundation (SNSF) is the most important research funding agency in Switzerland. This private foundation established in 1952 is mandated by the government to support basic science in all academic disciplines, from history to medicine and the engineering sciences. In 2016, it financed 3244 projects for a total of 937 millions CHF. All research topics may receive support. This is reflected by the title of the SNSF divisions: (I) Humanities and Social Sciences; (II) Mathematics, Natural and Engineering Sciences; (III) Biology and Medicine; (IV) Programmes.



Abbildung:
Homepage www.snf.ch.

Figure:
Homepage www.snf.ch.

Die Entscheidung über die Finanzierung eines Projekts trifft der Nationale Forschungsrat des SNF. Er setzt sich aus rund 100 hochrangigen Forschenden zusammen, von denen die meisten an Schweizer Hochschulen arbeiten. Der Forschungsrat wird von 90 Evaluierungsgremien mit über 700 Mitgliedern unterstützt. Einer der 100 auserwählten Forschenden des SNF-Forschungsrates ist Dr. Marc Bohner, ein Mitarbeiter der RMS Foundation. Er wurde 2016 in die Abteilung II gewählt. Sein vierjähriges Mandat kann einmal verlängert werden.

Die Mitgliedschaft im Forschungsrat des SNF setzt die Teilnahme an einer Reihe von halb- und ganztägigen Sitzungen (ca. 20 pro Jahr) sowie die eigentliche Arbeit der Projektbeurteilung voraus, was in etwa einem Arbeitspensum von 20 % entspricht. Da die Förderentscheide nur zweimal pro Jahr (März

The decision to finance a project is made by the National Research Council of the SNSF. It is composed of about 100 distinguished researchers, most of whom work at Swiss higher education institutions. The Research Council is supported by 90 evaluation bodies comprising over 700 members. One of the 100 distinguished researchers of the SNSF Research Council is an employee of RMS Foundation: Dr Marc Bohner. He was elected in 2016 to work in division II. His 4-year mandate may be renewed once.

Being a member of the SNSF Research Council implies the participation to a number of half-day and full-day meetings (roughly 20 per year) as well as project reviewing work ($\approx 20\%$ pensem). Since funding decisions are only sent twice per year (in March and September), most work done by the members of the SNSF Research Council is concentrated just before, namely in January-February and July-August. The scientific work is multidisciplinary aiming to create knowledge that is valuable to society, economics and politics.

Workshop «Pulver-Röntgenbeugung und Rietveld-Verfeinerung»

Workshop «powder X-ray diffraction and Rietveld refinement»

Die RMS Foundation ist ein international anerkanntes Kompetenzzentrum für die Charakterisierung von Keramiken. Eine der Kernkompetenzen ist die Röntgenbeugung (XRD) und die quantitative Phasenanalyse mittels Rietveld-Verfeinerung, speziell deren Anwendung auf Biokeramiken. Das XRD-Labor der RMS Foundation wurde von Dr. Nicola Döbelin aufgebaut, einem Mitarbeiter mit langjähriger praktischer Erfahrung in akademischer und industrieller Anwendung dieser Messmethode. Neben der Durchführung von Analysen publiziert er wissenschaftliche Studien zur Methodik, entwickelt seine eigene Software Profex [1], und unterrichtet Theorie und Anwendung von XRD und Rietveld-Verfeinerung.

Seit 2013 wurden durch die RMS Foundation auf Einladung von Universitäten regelmässige Workshops zum Thema «Pulver-Röntgenbeugung und Rietveld-Verfeinerung» durchgeführt. Im Juni 2017 fand der Kurs am Institut für Geowissenschaften der Universität Oslo (Norwegen) statt. Zwölf Studierende und Angestellte des Departements für Geowissenschaften, des Instituts für klinische Zahnmedizin und des Departements für Biomaterialien lernten in drei Tagen, qualitativ hochwertige XRD-Daten zu generieren und mit Profex auszuwerten. Am ersten Tag wurden die Theorie der Röntgenbeugung, die Probenherstellung sowie die Durchführung der Messungen besprochen. Am zweiten Tag wurden die Teilnehmenden in die Datenauswertung, speziell in die Rietveld-Verfeinerung mit Profex, eingeführt. Der dritte Tag begann mit der Auswertung einiger anspruchsvoller Proben. Anschliessend lernten die Teilnehmenden, Profex an ihre eigenen Instrumente und Proben anzupassen. Der Kurs endete mit einer Diskussion über die Publikation von XRD-Resultaten, in der gute und schlechte Beispiele besprochen wurden.

Durch die Unterstützung der Ausbildung von Studierenden in der Biomaterial-Forschung leistet die RMS Foundation einen wertvollen Beitrag zur Stärkung der universitären Ausbildung und investiert damit in die nächste Generation junger Forscher.

RMS Foundation is an internationally renowned competence center for the characterization of ceramic materials. One of our core competencies is powder X-ray diffraction (XRD) and quantitative phase analysis using

Rietveld refinement, specifically the application of these techniques to bioceramics. Our XRD laboratory was set up by Dr. Nicola Döbelin, a researcher with many years of experience in academic and industrial application of XRD. Besides performing analyses for research and industrial purposes, he also publishes studies on XRD methodology, develops his own Rietveld refinement software Profex [1], and teaches students in theory and application of XRD and Rietveld refinement.

N. Döbelin



Since 2013, RMS Foundation has regularly been invited by universities to give a workshop on «Powder X-ray diffraction and Rietveld refinement». In June 2017, the workshop was hosted by the Department of Geosciences at the University of Oslo, Norway. Twelve students and staff from the Department of Geosciences, the Institute of Clinical Dentistry, and the Department of Biomaterials participated. In three days they learned how to obtain high-quality XRD data, and how to process the datasets with Profex. The first day focused on the theory of diffraction, sample preparation, and data acquisition. Topics for day two were data processing, introducing the participants to Rietveld refinement in general, and Profex in particular. On day three, specific refinement scenarios were discussed, and the participants learned how to adapt Profex to their own instruments and samples. The workshop ended with a discussion on publication of XRD results in scientific articles, giving advice on good and bad practices.

By supporting the training of students in biomaterials research, the RMS Foundation renders a valuable contribution to strengthening university education and invests in the next generation of young researchers.

Abbildung:
Ausbildung von Studenten an
der technischen Universität
Riga, Lettland, im Jahre 2013.

Figure:
Training of students at the Riga
Technical University in Latvia
in 2013.

[1] N. Döbelin, R. Kleeberg
J. Appl. Cryst. 48,
1573-1580 (2015).

Durchführung einer SVMT-Weiterbildung über «Biomaterialien» Organizing a SVMT training course on «Biomaterials»

B. Gasser

*in collaboration with
Y. Tunaboylu, Biotronik, and
Prof. Dr. Arne Wahlen, FHNW
Brugg-Windisch*

Als aktives Mitglied im Vorstand des Schweizerischen Verbandes für Materialwissenschaft und Technologie (SVMT) organisierte die RMS 2017 bereits zum 6. Mal federführend eine Weiterbildungsveranstaltung über «Biomaterialien». Das spezifische Thema, das aufgrund von Teilnehmendenbefragungen früherer Tagungen gewählt wurde, lautete: «Wechselwirkungen zwischen Werkstoffen und bildgebenden Verfahren in der Medizintechnik».

Der Inhalt der Veranstaltung wurden wie folgt ausgeschrieben: *Bildgebende Diagnoseverfahren sind in der Medizintechnik allgegenwärtig. Implantat- und Instrumentenhersteller müssen bei der Auswahl von Konstruktionswerkstoffen nicht allein die Funktion, sondern auch das Verhalten und die Wechselwirkungen ihrer «Produkte» beim Einsatz verschiedenster Strahlenquellen berücksichtigen. Im Vordergrund stehen dabei die Gewährleistung der Sicherheit des Patienten und des behandelnden Personals sowie die Reduktion von Störungen mit dem Zweck korrekter Diagnosen und eines verlässlichen Patientenmonitorings. Die Veranstaltung hat zum Ziel, einige Grundlagen und Beispiele, Probleme und Lösungen zur Charakterisierung / Anwendung von Werkstoffen in Zusammenhang mit der Verwendung von bildgebenden Diagnoseverfahren zu vermitteln. Es sind Mitarbeitende, Techniker und Ingenieure aus den Bereichen Forschung & Entwick-*

acht interessante Referate über die Funktionsprinzipien der Röntgen-, Ultraschall-, CT- und MRI-Techniken bis zur Videofluoroskopie. Vortragende waren Universitätsdozenten, Vertreter privater Institute und ein Chirurg. Diese eintägige Veranstaltung führte zu weiteren Themenvorschlägen für eine nächste Tagung, die nun bereits wieder aufgegleist wird.

As an active member of the board of the Swiss Association for Materials Science and Technology (SVMT), RMS organised in 2017 for the sixth time a training event on «Biomaterials». The specific topic, which had been chosen based on participant surveys from previous conferences, was: «Interactions between materials and imaging in medical technology».

The event was announced as follows: *Imaging diagnostics is omnipresent in medical technology. Selecting the materials for construction, manufacturers of implants and instruments not only have to consider the function, but also the behaviour and interactions of their «devices» when observed with a wide variety of radiation sources. The focus is on guaranteeing the safety of the patient and the treatment personnel as well as reducing interferences to obtain a correct diagnosis and a reliable patient monitoring. The goal of the event is to provide some basics and examples, problems and solutions for the characterization / application of materials in connection with the use of imaging diagnostic methods. Employees, technicians and engineers from the fields of research & development, manufacturing, product support and marketing are welcome, even without expert knowledge.*

The conference took place in the FHNW Brugg-Windisch premises and offered 43 participants from academia and industry eight interesting presentations on the functional principles of X-ray, ultrasound, CT and MRI techniques and video fluoroscopy. Lecturers were university teachers, representatives of private institutes and a surgeon. This one-day event led to further topic proposals for a next course, which is already underway again.

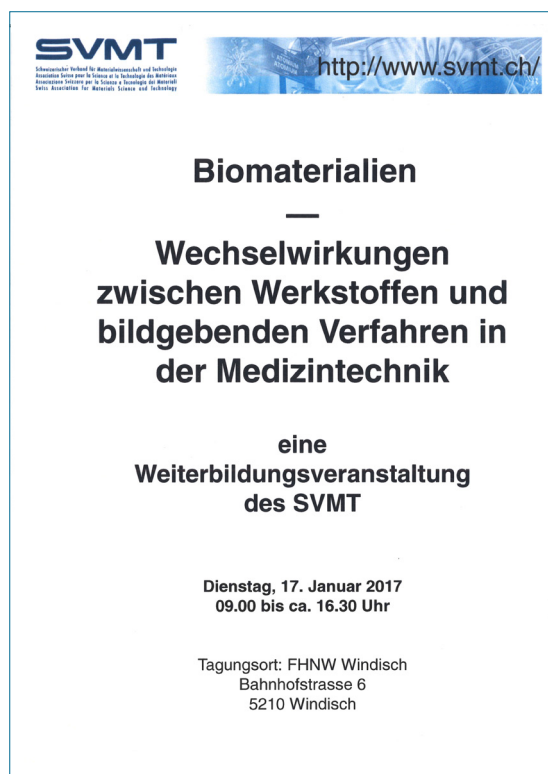


Abbildung:
Einladung und Programm der
Tagung.

Figure:
Invitation and programme of
the conference.

lung, Fertigung, Produktbetreuung sowie Marketing – auch ohne fachspezifische Vorkenntnisse – willkommen.

Die Tagung fand in den Räumlichkeiten der FHNW Brugg-Windisch statt und bot 43 Teilnehmenden aus Hochschule und Industrie

Prüfung der Technischen Sauberkeit nach VDA 19 Teil 1

Testing of technical cleanliness according to VDA 19 Part 1

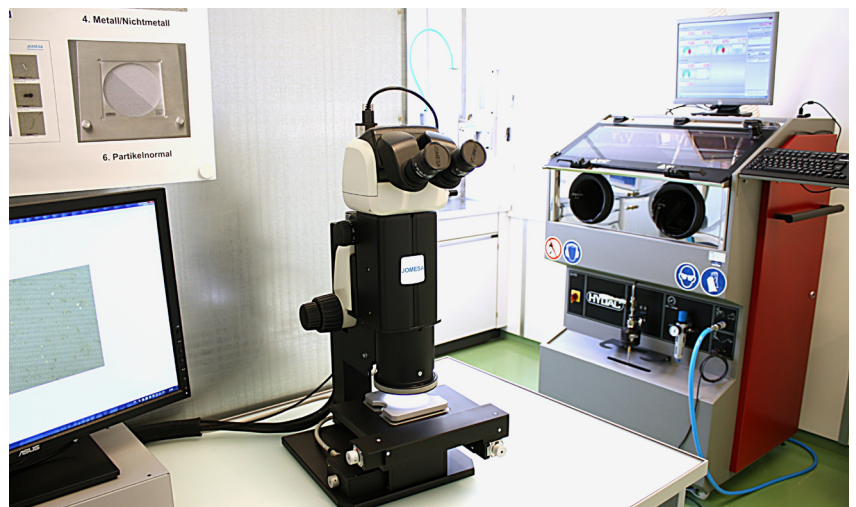
Bei der Prüfung der Technischen Sauberkeit werden funktionsrelevante Bauteile gezielt auf Partikelverunreinigungen, wie sie aus dem Herstellungsprozess resultieren, untersucht. Schon kleinste Partikel können bewirken, dass Düsen oder Filter verstopfen, Ventile verklemmen oder Lager blockieren. Auf Leiterplatten kann ein Span ungewollt Leiterbahnen verbinden. Es kann zu Ausfällen von Bauteilen und Systemen kommen.

Die RMS Foundation hat ihre Möglichkeiten der Analyse von Partikeln weiter ausgebaut und bietet neu auch die Prüfung der Technischen Sauberkeit nach VDA 19 Teil 1 als Dienstleistung an. Zu diesem Zweck wurden Geräte beschafft, die es ermöglichen, Sauberkeitsanalysen normgerecht durchzuführen. Der Gerätepark wurde unter anderem mit einem Extraktionskabinett der Firma Hydac sowie einem Filteranalyse-System der Firma Jomesa erweitert. Im Extraktionskabinett werden die Partikel auf vordefinierte Art und Weise von dem zu untersuchenden Bauteil abgewaschen und anschliessend auf einem Analysefilter festgehalten. Das Filteranalyse-System dient dazu, die auf dem Filter befindlichen Partikel mittels Bildverarbeitung automatisch auszuzählen, zu vermessen und nach ihrer Art (metallisch, nichtmetallisch, Fasern) zu typisieren. Nach Bedarf kann die Partikelfracht mit Hilfe einer Analysenwaage zusätzlich gravimetrisch bestimmt werden. Um Querkontaminationen zu vermeiden, werden die Sauberkeitsanalysen in einem Reinraum ISO 14644-1 Klasse 7 durchgeführt. Optional besteht die Möglichkeit, ausgewählte Partikel mit bereits bestehenden Analyseeinrichtungen wie REM/EDX oder FT-IR auf ihre Zusammensetzung zu überprüfen und somit möglicherweise auch deren genaue Herkunft zu bestimmen. Nicht mehr nur in der Automobilindustrie ist die Technische Sauberkeit mittlerweile zu einer festen Qualitätsgrösse im Kunden-Lieferanten-Verhältnis geworden.

When testing the technical cleanliness, function-relevant components are specifically examined for particle contamination resulting from the manufacturing process.

Even the smallest particle can clog nozzles or filters, jam valves or block bearings. On printed circuit boards, a chip can unintentionally join traces. Failures of components and systems can occur.

The RMS Foundation has further expanded its particle analysis capabilities and is now also offering technical cleanliness testing in accordance with VDA 19 Part 1. For this pur-



pose, equipment has been procured which enables cleanliness analyses to be carried out according to standards. Among other things, the equipment pool was expanded with an extraction cabinet from Hydac and a filter analysis system from Jomesa. In the extraction cabinet, the particles are washed off in a defined manner from the component to be examined and then retained on an analysis filter. The filter analysis system is used to automatically count and measure the particles on the filter and to define their type (metallic, non-metallic, fibres). If required, the particle load can also be determined gravimetrically using an analytical balance. In order to avoid cross-contamination, cleanliness analyses are carried out in an ISO 14644-1 class 7 cleanroom. Optionally, it is possible to check the composition of selected particles with already existing analysis devices such as SEM/EDX or FT-IR and thus possibly determine their exact origin. Technical cleanliness has become a relevant quality factor in the customer-supplier relationship, and not only in the automotive industry.

D. Streit
T. Imwinkelried
B. Andreatta
L. Eschbach

Abbildung:
Jomesa Filteranalyse-System
HFD4 (links) und Hydac
Extraktionskabinett
CTU 1040 (rechts).

Figure:
Jomesa filter analysis system
HFD4 (left) and Hydac
extraction cabinet
CTU 1040 (right).

Elektrisches Schmelzaufschlussgerät für die RFA-Probenherstellung Electric fusion digestion apparatus for XRF sample preparation

F. Bigolin
L. Radicic
Y. Brandt-dit-Siméon
I. Delfini

Vielfach werden Feststoffproben zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzung mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) als Presslinge analysiert. Durch Partikelgrößeneffekte ist die Präzision allerdings eingeschränkt.

Mit dem Schmelzaufschlussgerät Claisse LeNeo können mineralogische Proben und Materialien wie Zement, Kalk, Glas, Quarz, Aluminiumoxid, und viele andere zu homogenen Glasscheiben vergossen werden.

Dabei wird in einem Platintiegel die mit einem Borat-Schmelzmittel vorgemischte Pulverprobe mit einem typischen Mischverhältnis von 1 g Probe zu 9 g Borat-Schmelz-

tiv gekoppelter Plasma-Massenspektroskopie (ICP-MS) hergestellt werden.

In many cases, solid samples are analysed as pellets for the determination of the chemical composition by X-ray fluorescence (XRF) analysis. The precision is limited by particle size effects. The fusion device Claisse LeNeo can be used to cast mineralogical samples and materials like cement, lime, glass, quartz, aluminium oxide, and many others into homogeneous glass disks.

The powder sample premixed with a borate flux is oxidized fully automated in a platinum crucible. It is then dissolved and poured into a platinum dish in the electric furnace of the fusion device at temperatures up to 1200 °C in a typical mixing ratio of 1 g sample to 9 g borate flux. The individual melt digestion programs can be stored and thus guarantee a reproducible production of the analysis samples.

Melt tablets for X-ray fluorescence analysis also offer the advantage of calibration with own primary standards if no suitable refer-

mittel im elektrischen Ofen des Schmelzaufschlussgerätes bei Temperaturen bis 1200 °C vollautomatisch oxidiert, aufgeschlossen und in eine Platinschale abgegossen. Die einzelnen Schmelzaufschlussprogramme können abgespeichert werden und gewähren so eine reproduzierbare Herstellung der Analyseproben.

Schmelztabletten für die Röntgenfluoreszenzanalyse bieten auch den Vorteil einer Kalibrierung mit eigenen Primärstandards, wenn keine geeigneten Referenzmaterialien verfügbar sind. Zudem sind die Analyseergebnisse nicht durch die Mineralogie oder durch Partikelgrößeneffekte der Proben beeinträchtigt.

Des Weiteren können Schmelzaufschlüsse von Lösungen mit Borat-, Peroxid- und Karbonat-Schmelzen für Analysen mittels indu-

ence materials are available. In addition, the analysis results are not affected by the mineralogy or by particle size effects of the samples. Furthermore, it is also possible to produce solution melt digestions with borate, peroxide and carbonate melts for analysis by inductively coupled plasma mass spectroscopy (ICP-MS).



Abbildungen:

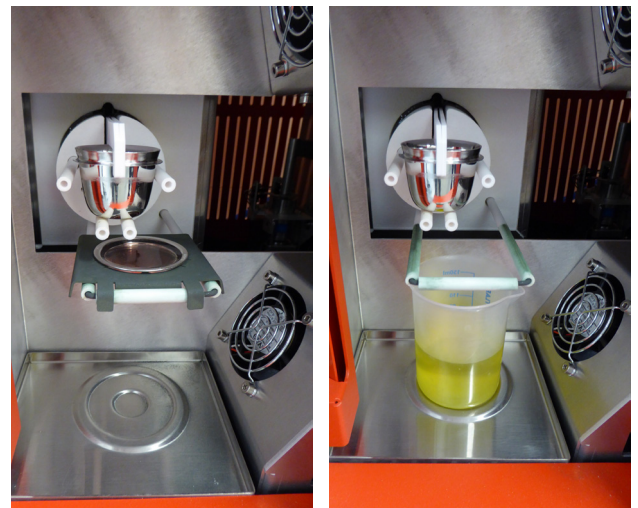
Oben: Elektrisches Schmelzaufschlussgerät Claisse LeNeo.

Rechts: Herstellung einer Schmelztablette für die RFA (links) und Herstellung von Peroxid-Aufschlüssen oder Borat-Lösungsaufschlüssen für ICP-Analysen (rechts).

Figures:

Top: Electric fusion device Claisse LeNeo.

Right: Production of a fused tablet for XRF analysis (left) and production of peroxide digestions or borate solution digestions for ICP analyses (right).



Ringversuch: Argon-Analyse nach dem TGHE-Verfahren

Round robin test: argon analysis using the CGHE method

In heissisostatisch gepressten Stählen (HIP-Stählen) ist das Vorhandensein von Argon ein Anzeichen dafür, dass die Verdichtung nicht vollständig erreicht werden konnte. Bereits minimale Ar-Gehalte ab 100 ng/g deuten auf ein geschädigtes Material hin, das für kritische Anwendungen nicht mehr eingesetzt werden darf.

In der RMS Foundation wurde ein Messverfahren zur Bestimmung des Ar-Gehalts aufgebaut, basierend auf der Trägergasheissextraktion (TGHE) und einem Quadrupol-Massenspektrometer zur Detektion. Da kommerziell keine zertifizierten Referenzmaterialien erhältlich sind, erfolgt die Kalibrierung über eine geräteinterne Gaskalibration, wobei sieben verschiedene Volumina eines zertifizierten Gasgemischs (Reinsthelium He 60 mit 500 µg/g Argon) verwendet werden.

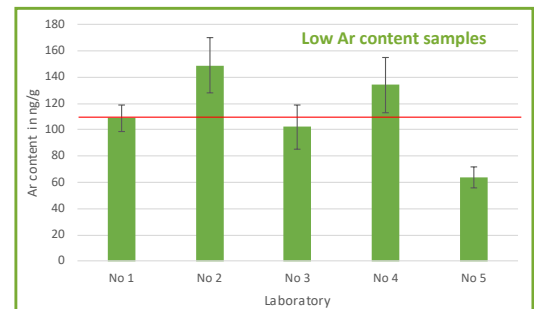
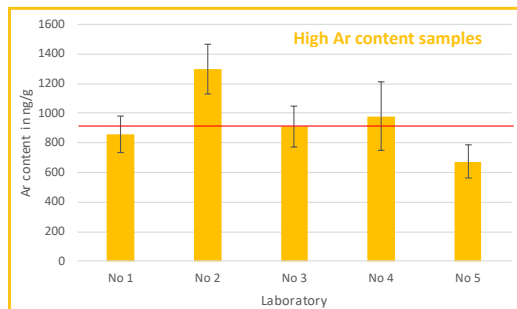
Für die Argonbestimmung wird das Probenmaterial bei Temperaturen bis 2000 °C unter Helium als Trägergas aufgeschmolzen und anschliessend über das Quadrupol-Massenspektrometer gemessen.

Weltweit führen nur wenige Labs diese Analysen durch und als Folge davon gibt es keine Ringversuche dafür. Für die Validierung der Messmethode wurde deshalb durch die RMS Foundation ein Ringversuch mit fünf teilnehmenden Labs organisiert. Von zwei Metallproben mit Argongehalten im Bereich von 1000 und 100 ng/g war der Ar-Gehalt mittels TGHE kombiniert mit Gaschromatographie oder Massenspektrometrie zu bestimmen. Da der wahre Wert der Ringversuchsproben nicht bekannt war, wurde der bereinigte Mittelwert der Laborergebnisse (ohne Ausreisser nach Grubbs-Test) als Referenzwert verwendet. Für die beiden Ringversuchsproben ergab dies Ar-Gehalte von 916 und 115 ng/g. Die Ergebnisse unseres Labs (Labor Nr. 3) lagen für beide Proben im sehr guten Bereich mit Z-Scores von -0.11 und -0.28, während jeweils ein Labor generell zu hohe und eines zu tiefe Werte ermittelte.

In hot-isostatically pressed steels (HIP steels), the presence of argon is a sign that the compaction could not be achieved completely. Even minimal Ar contents of 100 ng/g or more indicate a damaged material that may no longer be used for critical applications.

In the RMS Foundation, a measurement method for determining the Ar content was developed based on carrier gas hot extraction (CGHE) and a quadrupole mass spectrometer for detection. Since certified reference materials are not commercially available, calibration is carried out by means of an internal gas calibration using seven different volumes of a certified gas mixture (pure Helium He 60 with 500 µg/g argon). For the argon determination, the sample material is melted at temperatures up to 2000 °C under helium as carrier gas and then measured via the quadrupole mass spectrometer.

F. Bigolin
I. Delfini
L. Radicic
J. Sague



Few laboratories worldwide carry out these analyses and as a result there are no round robin tests. For the validation of the measurement method, an interlaboratory test with five participating laboratories was therefore organised by the RMS Foundation. The Ar content of two metal samples with argon contents in the range of 1000 and 100 ng/g was determined by means of CGHE combined with gas chromatography or mass spectrometry. Since the true value of the round robin test samples was not known, the adjusted mean value of the laboratory results (without outliers after Grubbs test) was used as the reference value. For the two round robin test samples, this resulted in Ar contents of 916 and 115 ng/g. The results of our laboratory (lab no. 3) were in the very good range for both samples with z-scores of -0.11 and -0.28, while one laboratory determined generally too high and one too low values.

Abbildungen:
Mittelwerte und Standardabweichungen der im Ringversuch gemessenen Ar-Gehalte. Probe mit hohem (links) und niedrigem Ar-Gehalt (rechts). Die rote Linie zeigt jeweils den Gesamtmittelwert (Ausreisserbereinigt nach Grubbs-Test).

Figures:
Mean values and standard deviations of the Ar contents measured in the interlaboratory test. Sample with high (left) and low Ar content (right). The red line shows the overall mean values (outlier-adjusted after Grubbs test).

Abriebbeständigkeit von TiN-beschichteten Titanproben im Kratztest Abrasion resistance of TiN coated titanium samples by a scratch test

T. Imwinkelried
R. Heuberger

Plaques und Zahnstein werden bei routinemässigen Zahnarztbesuchen durch die Dentalhygienikerin mit spitzigen Instrumenten entfernt. Bei Patienten mit Dentalimplantaten kann die Situation eintreten, dass dabei mit scharfen Instrumenten auf der Implantatoberfläche gekratzt wird. Im Auftrag eines Implantatherstellers wurde in dieser Studie an Proben aus Titan untersucht, was die Folgen solcher Kratzvorgänge bei TiN-beschichteten Dentalimplantaten sind.

During routinely visits at the dentist, plaque and dental calculus are removed by the dental hygienist with pointed instruments. Patients with dental implants might be confronted with the situation that such sharp instruments might scratch the implant surface. On request of a dental implant manufacturer, the effects of such scratching procedures on TiN coated titanium samples were analysed.

For this purpose, a worst case scenario was

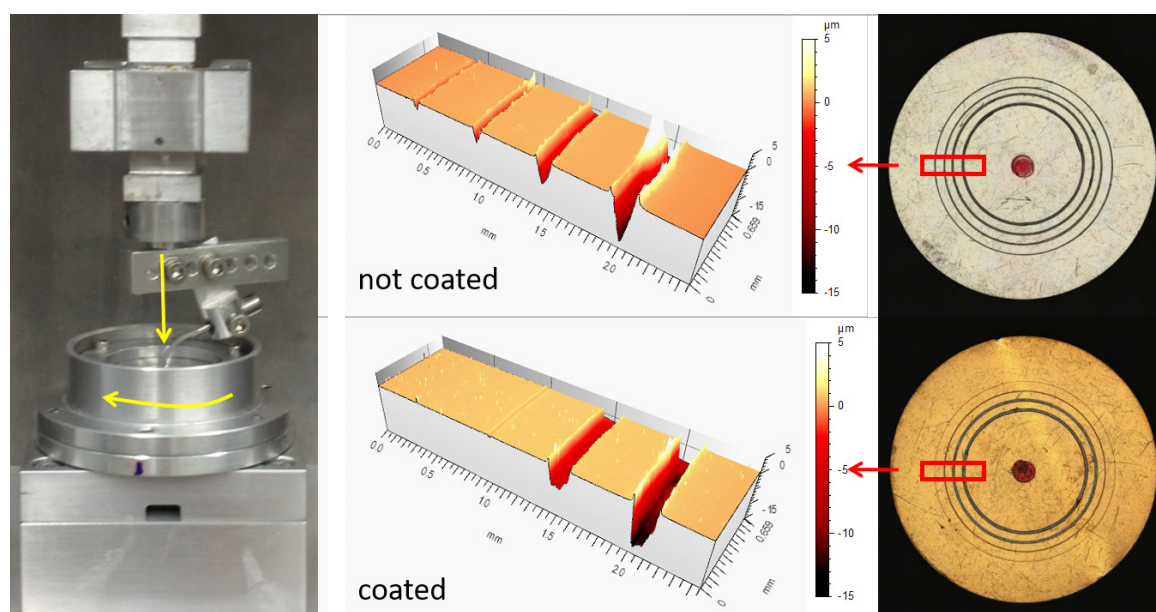


Abbildung:
Apparatur für den Kratztest (links), bei dem eine Stahlspitze mit unterschiedlichen Kräften gegen eine rotierende Titanscheibe gedrückt wird (gelbe Pfeile). Interferometriebilder der Kratzspuren nach dem Versuch (Mitte) und Scheiben mit Kratzspuren (rechts). Die Axiallasten nahmen von aussen nach innen zu.

Figure:
Wear test apparatus (left) with an axially loaded steel tip pressing against a rotating titanium disc (yellow arrows). Interferometry images of the wear tracks after the test (middle) and scratched discs (right). The axial load increased from the outermost to the innermost track.

Zu diesem Zweck wurde ein Worst-Case-Szenario untersucht, bei dem eine Stahlspitze eines Ultraschall-Dentalinstruments für die Reinigung eines Titanimplantats eingesetzt wird. Der Versuchsaufbau bestand dabei aus der Instrumentenspitze und einer rotierenden Scheibe. Die Abriebbeständigkeit und der Reibungskoeffizient wurden bei unterschiedlichen Axiallasten untersucht. Die Kratzspuren wurden anschliessend mittels Interferometrie dreidimensional erfasst und vermessen (Abbildung).

Die Studie ergab, dass auch die TiN-Beschichtung bei sehr hohen Lasten geritzt wird und die Kratzer bis ins Grundmaterial eindringen. Bei klinisch relevanten Lasten hingegen war eine deutliche Verringerung der Kratztiefe und des Abriebs bei den beschichteten gegenüber den unbeschichteten Scheiben messbar.

investigated assuming that a sonicated steel instrument was used for the cleaning of the titanium implant. The testing setup consisted of a steel tip and a rotating disc with or without coating. The abrasion resistance and the friction coefficient at different axial loads were examined. The resulting scratch traces were assessed and measured in 3 dimensions using interferometry (figure).

The study revealed that the TiN coating was also damaged when using high loads and that the scratches reached down to the bulk material. Under clinical relevant loads however, a significant reduction of scratch depth and wear was found for coated discs in contrast to non-coated discs.

Druckfarbenvergleich und Papieranalyse an Briefmarken

Printing ink comparison and paper analysis on stamps

F. Bigolin

In einer Druckerei wurden in einem Stapel von Druckbögen der 10 Rappen-Briefmarke «Schloss Chillon» aus dem Jahre 1935 einzelne Bögen mit einem roten anstelle des violetten Drucks vorgefunden. Für einen Philatelisten sollte geklärt werden, weshalb das Prüfstück anstelle des violetten einen roten Druck aufweist. Als weiteres Vergleichsstück wurde eine 20-Rappen-Briefmarke «Gotthardbahn» mit einem korrekten roten Druck aus derselben Zeit mitgeliefert.

Für die Papier- und Druckfarbenanalyse wurden die energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse (EDX) und die Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie (FT-IR) als Messmethoden eingesetzt. Die Analyse des unbedruckten Papiers der Briefmarken zeigte zunächst, dass die Papierqualität grundsätzlich identisch ist. Bei der Analyse der Druckfarben konnte festgestellt werden, dass die chemische Zusammensetzung der 10-Rappen-Briefmarke «Schloss Chillon» – rot statt violett – tatsächlich nicht den beiden Vergleichsbriefmarken entspricht. Aufgrund der Ergebnisse kann mit grösster Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass beim Druck eine andere, respektive die falsche Farbe verwendet wurde. Dass sich über eine lange Lagerungszeit die organischen Komponenten einer Farbe verändern können, ist durchaus denkbar, allerdings wären dann alle und nicht nur einzelne Briefmarkenbögen betroffen. Zudem ist der sehr unterschiedliche Gehalt von Elementen wie Magnesium, Kalzium und Schwefel nicht durch eine chemische Veränderung erklärbar.

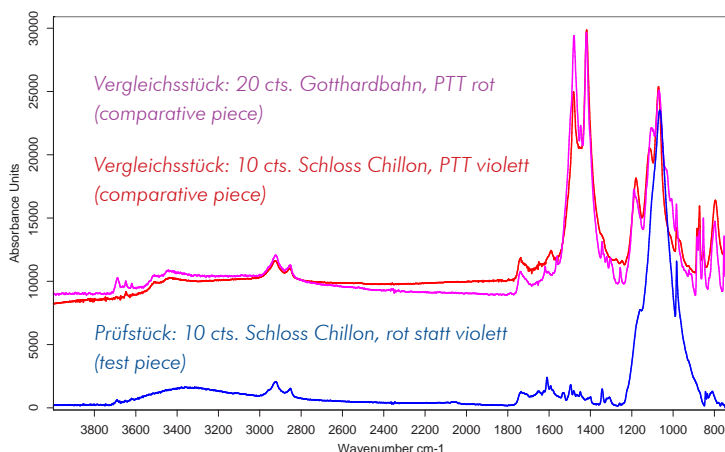
In a print shop, a pile of printed sheets containing the 10 centime stamp «Schloss Chillon» from 1935 contained individual sheets with a red print instead of the purple one. For a philatelist, it should be clarified why the test piece has a red print instead of the purple one. Another comparative piece was a 20 centime stamp «Gotthardbahn» with a correct red print from the same period.

Energy dispersive X-ray fluorescence analysis (EDX) and Fourier transformation infrared spectroscopy (FT-IR) were used as measuring methods for paper and ink analysis. The analysis of the unprinted paper of the stamps



first showed that the paper quality is basically identical. When analyzing the printing inks, it was found that the chemical composition of the 10 centime stamp «Schloss Chillon», red instead of purple, does not really correspond to the two comparative stamps. On the basis of the results, it is highly likely that a different ink or the wrong ink has been used for printing. It is quite conceivable that the organic components of a colour may change over

a long storage period, but then all and not just individual stamp sheets would be affected. In addition, the very different content of elements such as magnesium, calcium and sulphur cannot be explained by a chemical change.



Abbildungen:
Oben: Briefmarken mit Messpositionen der EDX- und FT-IR-Analysen.

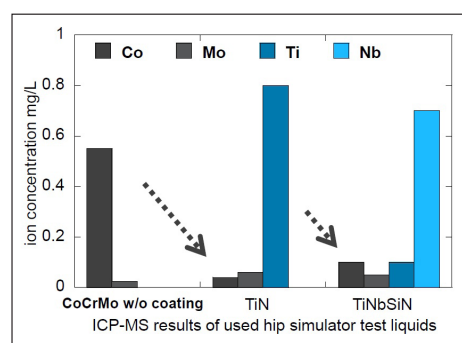
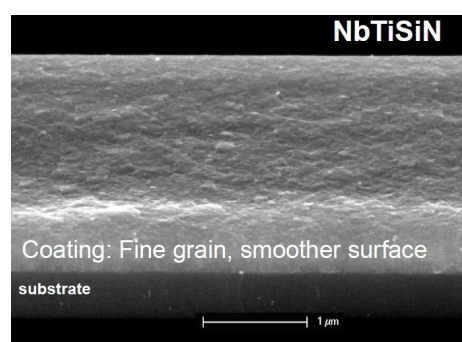
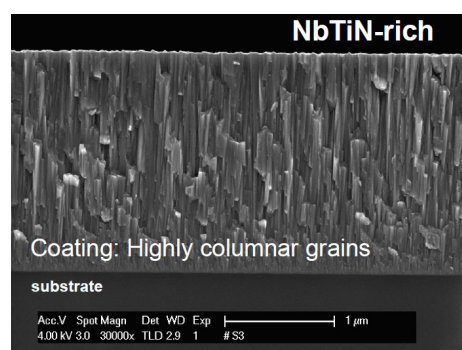
Unten: FT-IR-Spektren der Druckfarbe auf den Briefmarken mit deutlich unterschiedlicher Position der Hauptpeaks.

Figures:
Top: Stamps with measuring positions for EDX and FT-IR analyses.
Bottom: FT-IR spectra of the printing ink on the stamps with clearly different positions of the main peaks.

Allergisch auf Metalle? Können Beschichtungen auf Implantaten helfen? Allergic to metals? Can coatings improve CoCrMo implants?

R. Heuberger
T. Imwinkelried
L. Eschbach

supported by CTI



Abbildungen:

Querschnitt einer Arc-PVD- (oben) und HiPIMS-Beschichtung (Mitte). Ionenfreisetzung im Hüftsimulator bei der Testung mit verschiedenen beschichteten Köpfen (unten).

Figures:

Cross-section through an Arc-PVD (top) and HiPIMS coating (middle). Ion release in the hip joint simulator during the test with different coatings on the heads (bottom).

In diesem KTI-Projekt wurden Beschichtungen für Implantate optimiert. Der Hauptpartner war die Beschichtungsfirma IHI Ionbond und der Hauptforschungspartner das Laboratory of Physics of Complex Matter (LPMC) der EPFL. Neben der RMS Foundation war zusätzlich NAMSA für die biologische Testung verantwortlich.

Bei Arc-PVD-Schichten wird Material mittels Lichtbogen (engl.: arc) verdampft und die Reaktionsprodukte scheiden sich auf der Probe ab (PVD: physical vapour deposition). Dabei entstehen auf der Oberfläche feine Tröpfchen, die bei Gleitflächen stören und daher durch Schleifen und Polieren entfernt werden müssen. Diese aufwändige Nachbereitung soll vermieden werden, indem tröpfchenarme Schichten mittels neuer Technologien wie HiPIMS (high power impulse magnetron sputtering) aufgebracht werden. Der Fokus lag auf Beschichtungen mit unterschiedlichen Anteilen von Titan, Niob und weiteren Elementen, die bei Anwesenheit von Stickstoff Nitride bilden. Parameter wie Konzentration, Spannung, Temperatur und Druck wurden variiert, was die Kristallstruktur dieser Nitridkeramiksichten beeinflusste und somit auch Auswirkungen auf die mechanischen

Eigenschaften hatte.

In der RMS Foundation wurde primär die Verschleissbeständigkeit untersucht, dies zuerst mittels Pin-on-Disc-Testung, um verschiedene Beschichtungen in Artikulation gegen Stifte aus Polyethylen zu testen. Erfolgversprechende Beschichtungen wurden auf CoCrMo-Hüftkugeln appliziert und im Hüftsimulator mit konventionellen TiN-Beschichtungen verglichen. Der Abrieb der Pfannen aus Polyethylen war zwar leicht höher als mit unbeschichteten Köpfen, dafür konnte die Freisetzung von Kobalt stark reduziert werden.

Fazit: Die Freisetzung von toxischem Kobalt aus CoCrMo-Köpfen konnte dank der Beschichtung stark reduziert werden. HiPIMS ist eine vielversprechende Technologie für tröpfchenfreie Beschichtungen von Implantaten für Allergiker.

Coatings for implants were optimized in this CTI-project. The main partner was the coating company IHI Ionbond and the main scientific partner the Laboratory of Physics of Complex Matter (LPMC) from EPFL. Besides the RMS Foundation, NAMSA was responsible for the biological testing.

In a conventional Arc-PVD (physical vapour deposition) process, an electric arc evaporates the material and the reaction products adsorb on the samples. Herewith, droplets are created, which are detrimental for articulating surfaces and need to be removed by grinding and polishing. This post-processing shall be reduced by the application of a new technology called HiPIMS (high power impulse magnetron sputtering), which creates smoother films. The focus was on titanium, niobium and additional elements, which react with nitrogen to create nitrides. Parameters such as concentration, voltage, temperature and pressure were varied in order to create an ideal crystal structure of the nitride ceramic with beneficial mechanical properties.

At the RMS Foundation, we investigated mainly the wear resistance of various coatings with pin-on-disc tests, using polyethylene pins as a counter body. Heads of hip prostheses made of CoCrMo alloy were finally coated with the most promising coatings and compared to those with the conventional TiN-coating. In the hip simulator test, the wear of the polyethylene liners was slightly increased compared to tests using non-coated heads. However, the cobalt ion release was drastically reduced using the coated heads.

Conclusion: The release of toxic cobalt was strongly reduced thanks to the applied coatings. HiPIMS is a promising technology for droplet-free coatings for prostheses for allergic persons.

Biomechanische Testung verschiedener Hallux-valgus-Korrekturen

Biomechanical testing of different hallux valgus corrections

Deformationen im Vorfuß sind eine sehr häufige Erkrankung in unserer Gesellschaft. Hallux valgus ist eine typische Deformation der Grosszehe (Hallux) in Richtung der kleineren Zehen (valgus), die häufig zu einer Schwellung des Grosszehengelenks führt. Die Ursache für Hallux valgus ist immer noch umstritten. Risikofaktoren können das Tragen enger Schuhe, vererbte Faktoren und rheumatoide Arthritis sein. Frauen sind anfälliger für Hallux valgus als Männer.

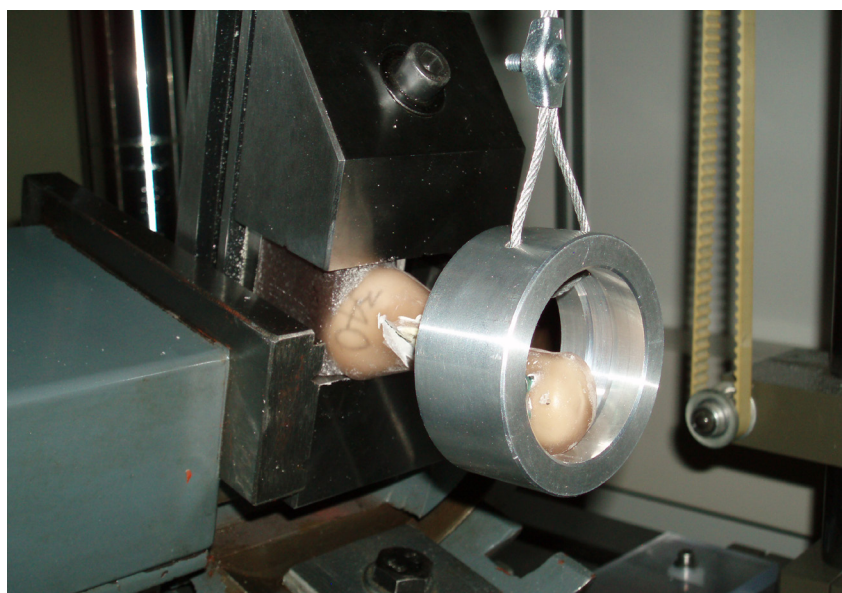
Die Hallux-valgus-Behandlung durch chirurgische Eingriffe dient der Schmerzlinderung und der stabilen Wiederherstellung des Grosszehenknochens. Sie besteht in der Regel aus einer chirurgischen Trennung (Osteotomie) des Mittelfussknochens, einer Korrektur des Valguswinkels und der Fixation der Knochenfragmente. Dafür gibt es eine grosse Zahl unterschiedlicher chirurgischer Behandlungsmethoden. Deshalb wurde die Primärstabilität nach klassischer Osteotomie und einer doppelten Schraubenfixation mit einer Osteotomie und Inside-Out-Plattenfixation verglichen (ermöglicht eine grössere Deformitätskorrektur). Proben aus Kunstknochen wurden in unserer Universalprüfmaschine mit einem Winkel von 15° zum Boden entsprechend den physiologischen Bedingungen positioniert. Unterhalb des Mittelfussknochens wurde eine vertikale Belastung dorsal bis zum Versagen aufgebracht (Abbildung). Die aufgenommene Kraft-Weg-Kurve diente als Mass für die Quantifizierung der Arbeit bis zum Versagen der Proben.

Wir konnten zeigen, dass die Primärstabilität des neuen chirurgischen Verfahrens mit Inside-Out-Plattenfixation besser ist als die der klassischen Osteotomien mit Schraubenfixierung. Die für das Versagen notwendige Arbeit sowie die entsprechende Last und Verschiebung waren mit der vorgeschlagenen Technik deutlich höher. Daher bietet dieser neue Ansatz eine gute Alternative zu herkömmlichen Versorgungsmethoden, insbesondere bei schweren Hallux-valgus-Deformitäten.

Deformation in the forefoot is a very common disorder in our society. Hallux valgus is a typical deformation of the big toe (hallux) towards the smaller toes (valgus) often resulting in a swelling of the big toe joint. The cause for hallux valgus is still a matter of de-

bate. Risk factors might include wearing narrow shoes, inherited factors and rheumatoid arthritis. Women are more prone to hallux valgus than men.

Hallux valgus treatment by surgical procedures intends to relieve pain and stabilize restoration of the big toe bone. It typically consists of a surgical cut (osteotomy) of the metatarsal bone, the correction of the valgus angle and fixation of the bone fragments. Many different surgical procedures exist. This study aimed at comparing the primary stability of a classic osteotomy with double screw fixa-



tion and an osteotomy with inside-out plating fixation (allowing for a greater deformity correction). The specimens made of artificial bone were positioned in our universal testing machine simulating physiological conditions with a 15° angle to the ground. A vertical load oriented dorsally was applied underneath the metatarsal head until failure (figure). The recorded load-displacement curve served as a measure to quantify the work to failure for the specimens.

We could demonstrate that the primary stability of the new surgical procedure using inside-out plating is better than that of classic osteotomies with screw fixation. Work and load at failure and displacement until failure were significantly higher for the technique proposed. Therefore, this new approach is a good alternative to regular surgical treatments especially in cases of severe hallux valgus deformity.

A. Butscher
C. Wälti

in collaboration with
Dr. med. L. Bohnert, Dr. med.
A. Radeideh, Prof. Dr. med. E.
Gautier, Dr. med. M. Lotten-
bach, Orthopädische Klinik,
HFR Fribourg

Abbildung:
Biomechanische Prüfung von
Fixationstechniken nach Osteo-
tomie des Kunstknochens.

Figure:
Biomechanical testing of fixa-
tion techniques after osteotomy
of the artificial bone.

Vergleich gängiger Fixationsmethoden bei Acetabulumfrakturen

Comparison of routinely used fixation methods of acetabular fractures

C. May
A. Butscher
C. Wälti

in collaboration with
PD Dr. med. J. D. Bastian,
Orthopädische Universitäts-
klinik, Inselspital, Bern

Diese biomechanische Studie untersuchte die Eignung verschiedener osteosynthetischer Techniken, um den Bewegungen eines vierseitigen Fragments (med. quadrilaterale Fläche) bei der Fixierung von Hüftgelenkpfannenfrakturen unter Einbeziehung des vorderen Pfeilers entgegenzuwirken. Es wurden vier verschiedene Varianten untersucht: A) nur eine 12-Loch-Rekonstruktionsplatte, welche die Fraktur fixiert, B) zusätzliche periartikuläre Schrauben, C) eine zusätzliche Abstützplatte und D) eine Kombination aus allen.

verglichen. In der Literatur wird eine Verschiebung von mehr als 3 mm als schlechtes Ergebnis gewertet, was in keiner der getesteten Varianten erreicht wurde. Keine relevanten Unterschiede wurden beim Vergleich der Fixationstechniken bezüglich Aufklaffung der Frakturlinien festgestellt. Es stellte sich jedoch heraus, dass die Verwendung von zwei zusätzlichen periartikulären Schrauben entlang des quadrilateralen Fragments – nicht jedoch die zusätzliche Abstützplatte – die Festigkeit der Fixation signifikant erhöhte.

This biomechanical study assessed the ability of various osteosynthetic techniques to counteract movement of the quadrilateral fragment in fixation of acetabular fractures involving the anterior column. Four different groups were considered: A) only a 12-hole reconstruction plate fixing the fracture, B) additional periarticular screws, C) an additional buttress plate and D) a combination of all of them.

Synthetic models of hemipelvises were used with reproducible fracture patterns generated by water jet cutting. The load was applied based on effective force vectors obtained in experiments with instrumented implants performed by the Bergmann group. Passive optical markers were used to track the spatial movement of all fragments. During load application, the gap and step openings of fracture lines were measured. The four different techniques were then compared in terms of medial displacement of the quadrilateral fragment. In the literature, openings of more than 3 mm have been characterized as poor outcome, which was not reached in any of the tested techniques. No differences were detected in the opening analysis for the different assessed fixation techniques. The use of two additional periarticular screws along the quadrilateral fragment – not the additional buttress plate – increased the fixation strength significantly.

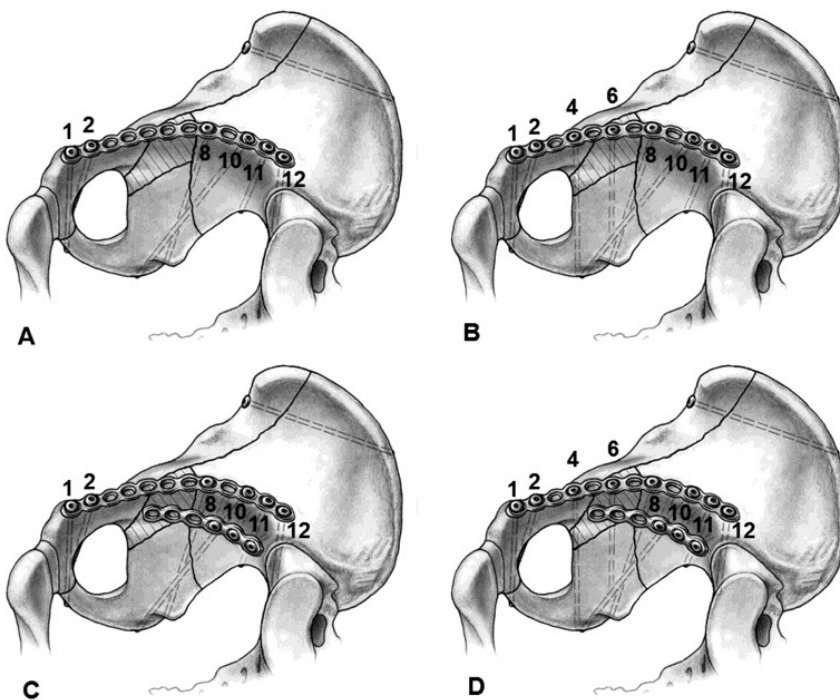


Abbildung:

A: nur Rekonstruktionsplatte;
B: zusätzliche periartikuläre
Schrauben; C: zusätzliche Ab-
stützplatte; D: alles Vorherige.

Figure:

A: reconstruction plate only; B:
additional periarticular screws;
C: additional buttress plate; D:
all of the above.

Synthetische Modelle von Beckenhälften wurden mit reproduzierbaren, durch Wasserstrahlschnitten erzeugten Frakturmustern versehen. Die Belastung wurde in Anlehnung an effektive Kraftvektoren aufgebracht, deren Grundlage die Experimente mit instrumentierten Implantaten der Bergmann-Gruppe bildeten. Um die räumliche Bewegung aller Fragmente aufzuzeichnen, wurden passive optische Marker verwendet. Während der Lasteinleitung wurde ein spalt- und stufenförmiges Aufklaffen der Frakturlinien gemessen. Die vier verschiedenen Techniken wurden dann in Bezug auf die mediale Verschiebung des quadrilateralen Fragments

Homogenisiertes FE-Modell für die Knochen-Implantat-Schnittstelle

Homogenized finite element model of the bone-implant interface

In der Biomechanik spielt die Primärstabilität eine zentrale Rolle. Die initiale Verankerung eines Implantats im Knochen bestimmt massgeblich Erfolg oder Misserfolg im Gelenkersatz, wo grosse Lasten zu übertragen sind. Insbesondere dann, wenn das umliegende Knochengewebe wie im Falle von Osteoporose mangelhaft ist, stellt diese Verankerung eine grosse Herausforderung dar.

Aus diesem Grund verfolgt die RMS verschiedene Methoden, um die Primärstabilität von Implantaten in trabekulärem Knochen zu verbessern. Dabei wird typischerweise durch experimentelle Messung von Mikrobewegung am Knochen-Implantat-Interface die Primärstabilität bestimmt und analysiert. Diese experimentellen Messungen sind jedoch sehr kosten- und zeitintensiv und beinhalten auch Einschränkungen in Bezug auf die Knochenmodellmaterialien. Deshalb arbeiten wir auch in diesem Bereich vermehrt mit rechnerunterstützter Simulation (Finite-Elemente-Methode).

Die im technischen Bereich häufig verwendeten Material- und Kontaktmodelle genügen den Anforderungen für Primärstabilitätsanalysen nicht. Deshalb wird in diesem Projekt in Zusammenarbeit mit dem Institut für chirurgische Technologien und Biomechanik (ISTB) der Universität Bern dieses Themengebiet erforscht. In einem ersten Schritt wurden Proben mit unterschiedlichem Presssitz und vereinfachter Geometrie zyklisch be- und überlastet (Abbildung). Diese experimentellen Daten liefern die Grundlage der entsprechenden FE-Modelle. Die entwickelte FE-Methodik ist in der Lage, die Hauptmerkmale sowohl des Implantationsprozesses als auch des zyklischen Belastungsexperiments zu reproduzieren, insbesondere bezüglich der Knochenschädigung und der Bedeutung des Kontaktes mit Reibung in der Knochen-Implantat-Schnittstelle.

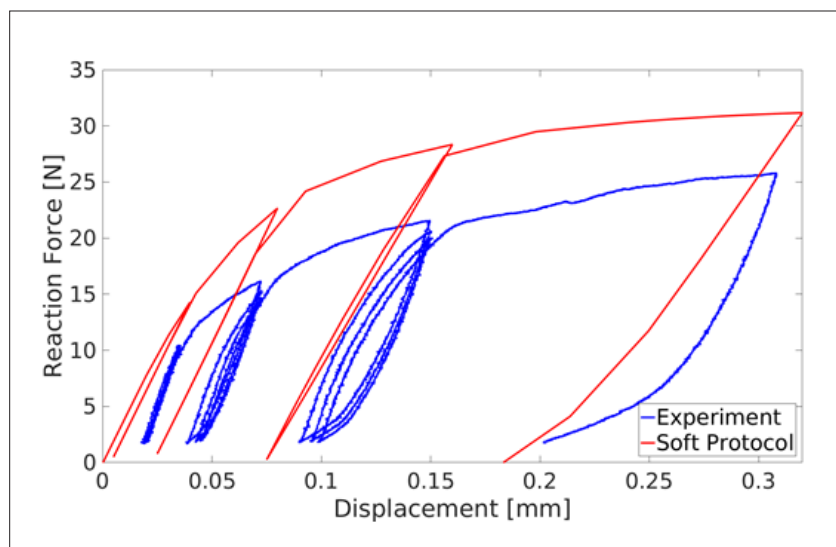
Primary stability plays a central role in biomechanics. The initial anchoring of an implant in bone is critical for success or failure in joint replacement where large loads have to be transferred. This anchorage is very challenging, especially in case of deficient sur-

rounding bone tissue, as in the event of osteoporosis.

Therefore, the RMS uses various methods to improve the primary stability of implants in trabecular bone. Typically, primary stability is determined and analyzed by experimental micromotion measurement in the bone-implant interface. However, these experimental measurements are very costly and time-consuming and also contain limitations with regard to the bone model materials. This is why we are increasingly working with computer-aided simulation (Finite Element Analysis) in this area as well.

C. May
A. Butscher

in collaboration with
M. Ovesy, Prof. Dr. P. Zysset,
ISTB, University of Bern



The material and contact models frequently used in the technical field do not meet the requirements for primary stability analyses. For this reason, the new approaches of this project are being researched in cooperation with the Institute for Surgical Technology and Biomechanics (ISTB) of the University of Bern. In a first step, samples with different press fit and simplified geometry were subjected to cyclic loading and overloading (figure). These experimental data provide the basis for the corresponding FE models. The developed FE methodology is able to reproduce the main features of both, the implantation and the cyclic loading experiment, especially with regard to bone damage and the importance of contact with friction in the bone-implant interface.

Abbildung:
Vergleich der experimentell
gemessenen Mikrobewegungen
und der Simulation
(Soft Protocol).

Figure:
Comparison of experimentally
measured micromovements
and simulation (Soft Protocol).

Digitale Keramik für den Knochenersatz

Digital ceramics for bone substitutes

A. Butscher
S. Jakobs

in collaboration with C. Ming,
Dr. A. Mirjan, Prof. Dr. M.
Kohler, Dr. F. Bouville, M.
Haug, Prof. Dr. A. Studart,
ETH, Zürich

supported by Innosuisse

Skeletale Beschwerden gehören zu den grossen Herausforderungen unserer heutigen Gesellschaft. Das Auffüllen von Defekten und die Regeneration des Knochens mittels synthetischer Ersatzmaterialien aus Kalziumphosphaten zählen zu den etablierten Verfahren. Während die Gewebeerträglichkeit und die Osseointegration des Materials gewährleistet sind, liegt die Anwendung dieser Ersatzmaterialien aufgrund der tiefen mechanischen Eigenschaften bis anhin lediglich im nicht lasttragenden Bereich.

In diesem von der KTI/Innosuisse unterstützten Projekt «Digital Ceramics» wird versucht, durch gezieltes Design und Fügen kleiner keramischer Bausteine (digits) die mechanischen Eigenschaften der zusammengebauten Struktur (digital

ceramics) zu verbessern und gezielt zu kontrollieren. Dabei werden diese Bausteine mit etablierter Robotertechnik nach dem Vorbild der hierarchisch strukturierten biologischen Materialien zusammengebaut.

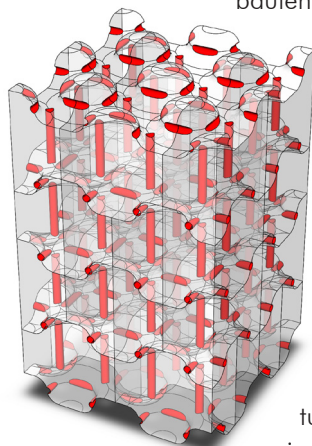
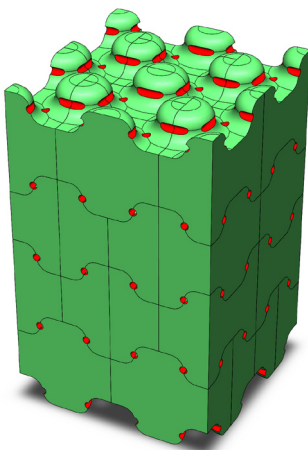
Zunächst werden die Herstellung, das Design und der Zusammenbau kleiner Bausteine untersucht. Als Herstellmethode für die Fertigung der Bausteine wird der dreidimensionale Druck verwendet. Dadurch besteht eine grosse Flexibilität, die für die Optimierung notwendig ist. Der Zusammenhalt der Struktur wird durch den Grad der Verzahnung zwischen den Bausteinen gesteuert. Die für den Ab- und Umbau notwendige, offene Porenstruktur wird innerhalb der Bausteine durch Mikroporen und durch Freiräume zwischen den Bausteinen (Makroporen) der zusammengebauten Struktur ermöglicht (Abbildung). Eine systematische Analyse verschiedenartig aufgebauter Prüfkörper soll das Verständnis für die Zusammenhänge

zwischen den mechanischen Eigenschaften des ganzen Bauteils und den Parametern der einzelnen Bausteine liefern. Damit sollen das Prinzip der biomimetischen und hierarchisch strukturierten Materialien sowie die technischen Grundlagen für eine zukünftige wirtschaftliche Umsetzung erarbeitet werden.

Skeletal disorders are one of the great challenges of our society today. Filling defects and regenerating the bone with synthetic calcium phosphate substitutes are well-established procedures. While tissue compatibility and osseointegration are assessed as good, mechanical properties limit the use of these bone substitute materials to non load-bearing areas.

In this project «Digital Ceramics», supported by CTI/Innosuisse, the mechanical properties of the assembled structure (digital ceramics) are improved and controlled by tailored design and joining of small ceramic building blocks (digits). These building blocks are assembled using established robot technology based on the pattern found in hierarchically structured biological materials.

First, the production, design, and assembly of small components are investigated. Three-dimensional printing is used as manufacturing method for the production of the building blocks. This provides a high degree of flexibility which is necessary for optimization. The integrity of the structure is controlled by the degree of interlocking between the building blocks. The open pore structure required for resorption and remodeling is enabled by micropores within and macropores between the building blocks of the assembled structure (figure). A systematic analysis of various assembled test specimens should provide insights in the relationships between the mechanical properties of the entire structure and the parameters of the individual building blocks. This should allow for a better understanding of the principle of biomimetic and hierarchically structured materials as well as to develop the technical basis for future economic implementation.



Abbildungen:
Modell einer «digitalen Keramik» (links) und Darstellung der Porenverbindungen (rechts).

Figures:
Model of a «digital ceramic» (left) and representation of the pore connections (right).

XRD-Phasenquantifizierungen anhand semi-synthetischer Diffraktogramme

XRD phase quantifications using semi-synthetic diffraction data

Pulver-Röntgenbeugung (XRD) eignet sich hervorragend zur Identifizierung und Quantifizierung kristalliner Phasen in Keramiken. Die Auswertung der Daten mittels Rietveld-Verfeinerung [1] erlaubt eine präzise Bestimmung der Phasenanteile. Die Validierung der Auswertung gestaltet sich jedoch oft schwierig, da keine reinen Phasen zur Herstellung von Referenzmischungen zur Verfügung stehen. Zudem erfordern komplexe Zusammensetzungen die Validierung einzelner Phasen in unterschiedlichen Kombinationen mit anderen Phasen. Dadurch steigt die Anzahl möglicher Kombinationen mit jeder weiteren Phase exponentiell an.

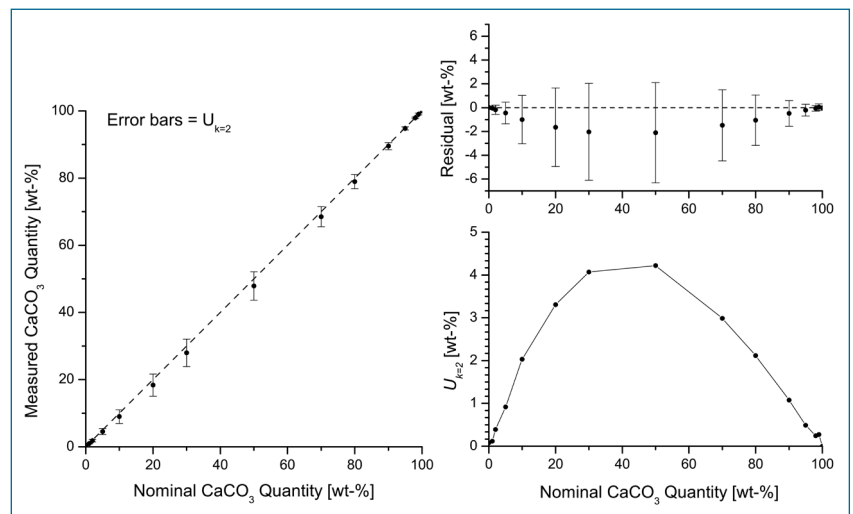
Um den Aufwand für Validierungen zu reduzieren, entwickelten wir ein neues Konzept basierend auf semi-synthetischen (SS) Datensätzen. Reale Diffraktogramme von Referenzmaterialien werden von Verunreinigungen bereinigt, auf 100 % skaliert, mit einem zufälligen Rauschen versehen und mit anderen Phasen in präzise bekannten Zusammensetzungen kombiniert. Alle vom Gerät und der Probenherstellung ausgehenden Eigenschaften sowie deren Auswirkungen auf die Quantifizierung bleiben dabei erhalten.

Das Konzept wurde anhand einer Mischreihe aus Kalzit (CaCO_3) und Korund (Al_2O_3) verifiziert. Der starke Kontrast der Absorptionskoeffizienten stellte eine zusätzliche Herausforderung an die Quantifizierungsalgorithmen dar. Aus nur zwei realen Datensätzen wurden 14 Kombinationen in 10-facher Ausführung simuliert. Die Messunsicherheit der Phasenanteile (Abbildung) zeigte die für ein binäres System erwartete Glockenform [2]. Die SS-Datensätze waren ausserdem optisch nicht von realen Datensätzen gleicher Zusammensetzung zu unterscheiden.

Validierungen basierend auf SS XRD-Datensätzen reduzieren die Anzahl erforderlicher Referenzproben drastisch. Zudem ermöglichen sie die Validierung komplexer Mehrphasensysteme auch ohne Zugang zu reinen Referenzmaterialien.

Powder X-ray diffraction (XRD) is a powerful tool to identify and quantify crystalline phases in ceramic samples. The gold standard for XRD data analysis is Rietveld refinement [1]. However, validations of phase quan-

tification are often challenging due to a lack of suitable reference materials. Furthermore, complex compositions require one phase to be validated in different combinations with other phases. As a result, the number of phase combinations increases exponentially with increasing number of phases involved.



Recently we developed a new concept to generate semi-synthetic (SS) datasets for validation of XRD phase quantifications. Real datasets of reference phases are stripped of contamination signals, rescaled to 100 % phase purity, superimposed with a random noise signal, and combined with other phases in precisely known ratios. All pattern characteristics originating from the instrument and sample preparation and their effects on the phase quantification are preserved.

The concept was validated using a mixture of calcite (CaCO_3) and corundum (Al_2O_3). The contrast in absorption coefficients presented an additional challenge to the quantification algorithm. Only two real datasets were required to simulate 14 compositions in 10-fold repetition. Uncertainties of refined phase quantities (figure) showed the characteristic bell shape expected for binary phase systems [2]. SS datasets were optically indistinguishable from datasets obtained from real binary mixtures.

The concept of SS XRD datasets drastically reduces the number of datasets required for XRD validation, and it facilitates refinement of reference mixtures in complex multi-phase systems even without access to highly pure reference materials.

N. Döbelin

Abbildung:
Ein Vergleich verfeinerter Phasenanteile mit den nominalen (simulierten) Anteilen (links) resultiert in der erwarteten glockenförmigen Entwicklung der Messunsicherheit (rechts).

Figure:
A comparison of refined phase quantities with nominal (simulated) ones (left) results in uncertainties of measurement showing the characteristic bell shape (right).

- [1] Rietveld H. M., J. Appl. Cryst. 2, 65 (1969).
[2] Raynaud S., Champion E., Bernache-Assolant D., Laval J.-P., J. Am. Ceram. Soc. 84, 359-366 (2001).

Phosphat-Evaporation durch thermische Behandlung von CaP-Keramik

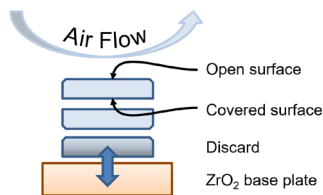
Phosphate evaporation by thermal treatment of CaP ceramics

N. Döbelin
M. Bohner
J. Glatthard

in collaboration with
Prof. Dr. A. J. Wagoner
Johnson, A. A. Armstrong;
University of Illinois, Urbana-
Champaign, USA

Eine thermische Behandlung von Kalziumphosphat-Implantaten (CaP) bei ≥ 1000 °C wird üblicherweise verwendet, um Phasentransformationen, Hydratation, Festkörperreaktionen, Rekristallisation, Verdichtung und/oder Kornwachstum zu erzielen. Die resultierende Phasenzusammensetzung hängt dabei direkt von der Menge Ca- und P-Ionen im Material ab. Der initiale Anteil erlaubt zwar eine gute Abschätzung der Zusammensetzung nach der thermischen Behandlung, jedoch wurde schon vor einiger Zeit über Verflüchtigung von Phosphat berichtet [1]. Für die Herstellung hochreiner CaP-Materialien muss diese Evaporation anfänglich kompensiert werden. In diesem Projekt wurde das Ausmass der Phosphat-Evaporation von verschiedenen CaP-Phasen untersucht.

Scheiben aus gepresstem CaP-Pulver wurden im Ofen gestapelt und während 36 Stunden bei 1100 °C gesintert. Anschliessend wurde die oberste Scheibe auf der offenen und gedeckten Fläche mittels XRD untersucht (Abbildung). Proben aus β -CPP (β -Ca₂P₂O₇) wiesen ein beträchtliches Ausmass an Evaporation auf. Auf der offenen Fläche bildeten



Abbildungen:
Versuchsaufbau für die Evaporation von Phosphat von der offenen Oberfläche von β -Kalziumpyrophosphat-Proben (β -CPP).

Figures:
Experimental setup used to induce phosphate evaporation on the open surface of β -calcium pyrophosphate (β -CPP) samples.

sich bis zu 35 Gew.-% β -TCP (β -Ca₃(PO₄)₂), während die gedeckte Fläche vor Evaporation geschützt war. Andere Phasen (β -TCP, HA (Ca₅(PO₄)₃OH)) zeigten im Vergleich zu β -CPP nur geringe Anzeichen von Evaporation.

Indem wir während der thermischen Behandlung β -CPP-Pulver neben CaO-haltigen Proben platzierten, konnten wir zeigen, dass von β -CPP freigesetztes Phosphat auf den anderen Proben kondensierte. Dies führte zu einer Umwandlung von CaO in HA. Auf HA-Proben konnten dadurch Spuren von CaO vollständig eliminiert werden.

In diesem Projekt konnten wir nachweisen, dass bei thermischer Behandlung Phosphat von der Oberfläche von β -CPP-Proben verdampft. Andere CaP-Phasen zeigten keine

mit XRD nachweisbare Änderung der Oberflächenzusammensetzung. Durch Evaporation und Kondensation konnte zudem die Oberfläche von CaP-Proben gezielt modifiziert werden. Dies kann die biologische Reaktion auf CaP-Implantate stark beeinflussen.

Thermal treatment at ≥ 1000 °C is a common processing step in the production of calcium phosphate (CaP) bioceramics. It induces phase transformations, dehydration, solid-state reactions, recrystallization, densification, and/or grain growth. The resulting phase composition is directly linked to the amount of Ca and P ions in the material. The initial content usually allows for a reasonably good prediction of the phase composition after heat treatment. However, volatilization of phosphate at high temperatures was previously described in literature [1]. For production of highly pure CaP materials, the effect of evaporation must be compensated. In this project, we investigated the extent of phosphate evaporation from various CaP phases.

Discs of pressed CaP powders were stacked in a furnace and processed at 1100 °C for 36 hours. Afterwards, the sample on top of the stack was analyzed by XRD on the open and covered surfaces (figure). Major evaporation of phosphate was observed on samples composed of β -CPP (β -Ca₂P₂O₇), resulting in formation of up to 35 wt-% β -TCP (β -Ca₃(PO₄)₂). The bottom surface was protected from evaporation. Other phases (β -TCP, HA (Ca₅(PO₄)₃OH)) showed only minor signs of evaporation in comparison to β -CPP.

By placing β -CPP powder next to samples containing CaO during the heat treatment, we demonstrated that phosphate evaporated from β -CPP condensed on the surface of the other samples, inducing HA formation. This proved to be an effective way to eliminate CaO on HA samples.

This project demonstrated that phosphate evaporates from the surface of β -CPP samples, whereas other CaP phases showed no signs of evaporation detectable by XRD. Phosphate evaporation and condensation can be used for controlled surface modification of CaP samples, which may have a strong influence on the biological response to CaP implants.

[1] Welch J. H., Gutt W., J Chem Soc 874, 4442-4444 (1961).

Ionendotierte β -Trikalziumphosphatpulver und dichte Keramiken

Ion doped β -tricalcium phosphate powders and dense ceramics

β -Trikalziumphosphat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$; β -TCP) wird häufig zum Auffüllen von Knochendefekten verwendet, da es resorbierbar ist und normalerweise durch neuen Knochen ersetzt wird [1]. Studien von dotiertem β -TCP mit kleinen Mengen an Verunreinigungen (< 1 – 2 %), wie Sr oder Si, zeigten in Abhängigkeit der Art der Dotierung / der Verunreinigung in β -TCP unterschiedliche biologische Verhaltensweisen [2]. Die Mechanismen, die dazu führen, sind derzeit jedoch unbekannt.

Da β -TCP polykristallin ist, d. h. aus einer Vielzahl von kleinen Kristallen besteht, ist unsere Hypothese, dass eine Dotierung zwischen den Kristallen (= Körner) erfolgt und entsprechend die Löslichkeit der Kristallgrenzflächen (= Korngrenzen) beeinflusst. In der Praxis erwarten wir einen schnelleren Umbau von β -TCP in Knochen, wenn die Löslichkeit der Korngrenzen durch das Vorhandensein von Verunreinigungen vergrößert wird.

Um die Gültigkeit unserer Hypothese zu beurteilen, wurden reine und dotierte β -TCP-Pulver mittels einer Fällung mit Ammoniumphosphat und Kalziumnitrat synthetisiert [3]. Danach wurden dichte Scheiben durch Schlickerguss (Herstellung der Keramik durch Giessen eines Schlickers in eine Gipsform) mit anschließender Wärmebehandlung während 3 Stunden bei 1100 °C hergestellt. Die Reinheit wurde mittels induktiv gekoppelter Plasma-Massenspektroskopie (ICP-MS) bestimmt.

Die ersten Ergebnisse zeigten, dass es schwierig ist, sehr reine Chemikalien zu finden. Die reinsten β -TCP-Proben enthalten bis zu 20 ppm verschiedener Verunreinigungen wie Natrium, Strontium und Magnesium. Die Syntheseverfahren sind sehr gut reproduzierbar. Erste Dotierungsversuche wurden mit Strontium und Kupfer durchgeführt, von denen bekannt ist, dass sie die biologische Leistungsfähigkeit von β -TCP stark beeinflussen. Durch Dotierung von β -TCP mit Kupfer wurde die ursprüngliche weisse Farbe von β -TCP in eine blaue Farbe umgewandelt (Abbildung).

Derzeit wird daran gearbeitet, die Wirkung von Dotierungen auf das Lösungsverhalten von β -TCP zu bewerten und den Ort der Verunreinigungen zu bestimmen.

β -tricalcium phosphate ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$; β -TCP) is widely used to repair bone defects because it is resorbable and normally will be replaced by new bone [1]. Studies of doped β -TCP with small amounts of impurities (< 1 – 2 %), such as Sr or Si, revealed different biological behaviours depending on the nature of the dopant/impurity in the β -TCP [2]. However, the mechanisms involved herein are currently unknown.

Since β -TCP is polycrystalline, i.e. made of a plurality of small crystals, our hypothesis is that dopants accumulate between the crystals (= grains), and accordingly affect the solubility of the crystal interfaces (= grain boundaries). Practically, we expect a more rapid replacement of β -TCP by bone if the solubility of the grain boundaries is enhanced by the presence of impurities.

To assess the validity of our hypothesis, pure and doped β -TCP powders were synthesized by a precipitation method involving am-

monium phosphate and calcium nitrate [3]. Then, dense discs were produced by slip casting (production of ceramic by pouring a slip into a plaster mould) and subsequent thermal treatment at 1100 °C for 3 hours. The purity was assessed by inductively coupled plasma mass spectroscopy (ICP-MS). The first results revealed that it is difficult to find very pure chemicals. The purest β -TCP samples contain up to 20 ppm of various impurities, such as Sodium, Strontium, and Magnesium. The synthesis techniques are highly reproducible. First doping tests were made with Strontium and Copper, which are both known to strongly affect β -TCP biological performance. Doping β -TCP with Copper changed the original white colour of β -TCP into a blue colour (figure).

Current work is done to assess the effect of doping on β -TCP dissolution behaviour and to determine the location of the impurities.

B. Le Gars Santoni
M. Bohner

supported by SNSF

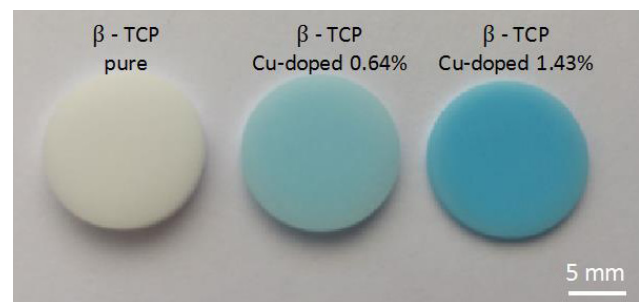


Abbildung:
Reine und Cu-dotierte β -TCP-Scheiben (dicht) nach dem Schlickerguss und Sintern.

Figure:
Pure and Cu-doped β -TCP dense discs after slip casting and sintering.

- [1] Bohner M., *Materials Today* 2010.
[2] Fielding G. et al., *Dental Materials* 2012.
[3] Descamps M. et al., *Ceramics International* 2008.

Designkriterien für die Reinigbarkeit von Medizinprodukten

Design criteria for the cleanability of medical devices

P. Steinmetz
R. Luginbühl
J. Sague

in collaboration with
Dr. S. M. Sesselmann and
Prof. Dr. A. R. Boccaccini,
Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

Die Reinigung wiederverwendbarer chirurgischer Instrumente ist der erste und wichtigste Schritt für eine gründliche Aufbereitung, um die Sicherheit der Patienten zu gewährleisten. Daher werden die Anforderungen an die Validierung von Reinigungsverfahren immer anspruchsvoller. Allerdings liegen nur unzureichende Daten vor, wenn ein Konstruktionsmerkmal hinsichtlich Reinigbarkeit

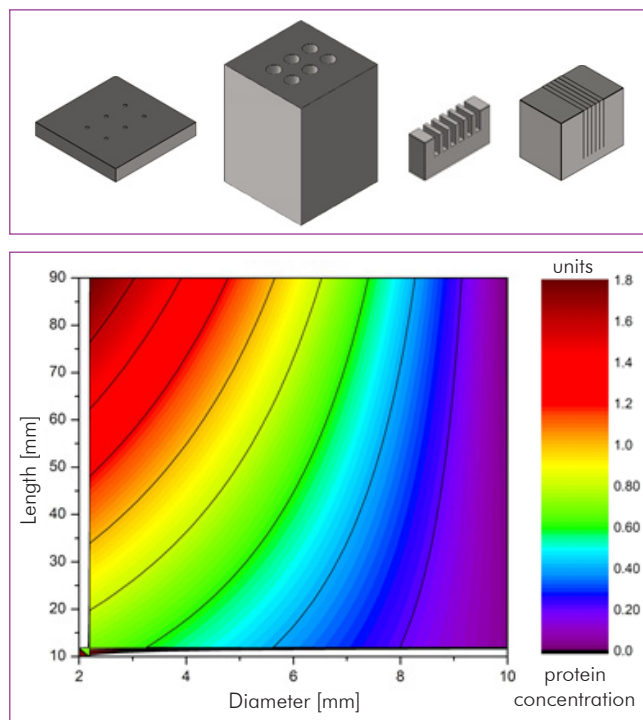
beurteilt werden soll. Daher ist es notwendig, die Reinigbarkeit häufig vorkommender Geometrien in chirurgischen Instrumenten systematisch zu untersuchen.

Drei verschiedene Konstruktionsmerkmale wurden systematisch auf ihre Reinigbarkeit in einer Medizingeräte-waschmaschine untersucht.

Auf der Grundlage der Ergebnisse dieses Projektes wurde der Schluss gezogen, dass eine effiziente Ausrichtung immer zu besseren Reinigungsergebnissen führt. Darüber hinaus wurde eine zunehmende Tendenz zur Reinigbarkeit in folgender Reihenfolge vorgeschlagen: Sacklöcher, Spalten, Bohrlöcher.

Cleaning reusable surgical instruments is the first and most important step for thorough reprocessing to guarantee patient safety. Therefore, the requirements for validation of cleaning procedures are becoming more demanding. However, there is only poor data available about assessment of the cleanability of a design feature. Consequently, there is a need for systematic investigations of the cleanability of the frequently occurring geometries in surgical instruments.

In this study, three different design features were systematically investigated with regard to their cleanability in a medical device washing machine. Therefore, specimens featuring boreholes, blind holes or crevices were manufactured. These were soiled with sheep blood, cleaned in the washer-disinfector, residual blood proteins were extracted and quantitatively analyzed by means of the BCA assay.



Abbildungen:

Oben: Einige der Prüflinge mit unterschiedlichen Konstruktionsmerkmalen.

Unten: Konturdiagramm der Proteinkonzentration pro Bohrlochoberfläche in Relation von Durchmesser und Länge der horizontal gereinigten Bohrlöcher.

Figures:

Top: Some of the test specimens with different design features.

Bottom: Contour plots showing the relations between diameter and length of boreholes, cleaned in horizontal orientation, in terms of protein concentration per borehole surface area.

Dazu wurden Proben mit Bohrungen, Sacklöchern oder Spalten hergestellt. Diese wurden mit Schafsblut verschmutzt, im Reinigungs- und Desinfektionsgerät gereinigt, restliche Blutproteine extrahiert und mittels BCA-Assay quantitativ analysiert.

Gute Reinigungsergebnisse wurden für Bohrlöcher innerhalb der gesamten untersuchten Variationsbreite erzielt, vorausgesetzt, sie wurden parallel zu den Wasserstrahlen in der Reinigungsmaschine ausgerichtet. Die Reinigbarkeit der Sacklöcher hing primär von der Länge und dem Durchmesser ab, aber die Ausrichtung der Löcher parallel zum Wasserstrahl war vorteilhaft. Bei Spalten war der wichtigste Faktor für die Reinigung die Spaltbreite, und es zeigte sich auch, dass eine vertikale Ausrichtung vorteilhaft ist.

Good cleaning results were obtained for boreholes within the whole range of variations of parameters studied, providing they were oriented in the same direction as the water jets in the cleaning machine. The cleanability of blind holes primarily depended on the length and the diameter, but orienting them facing down with the holes parallel to the water jet was advantageous. For crevices, the most important factor for cleaning was their gap width and it was also seen that a vertical orientation was beneficial.

Based on the results of this project, it was concluded that an efficient orientation always yields better cleaning results. Furthermore, an increasing tendency in cleanability was suggested in the following order: blind holes, crevices, boreholes.

Klinische Bewertung von Medizinprodukten: Literaturstudien

Clinical evaluation of medical devices: literature studies

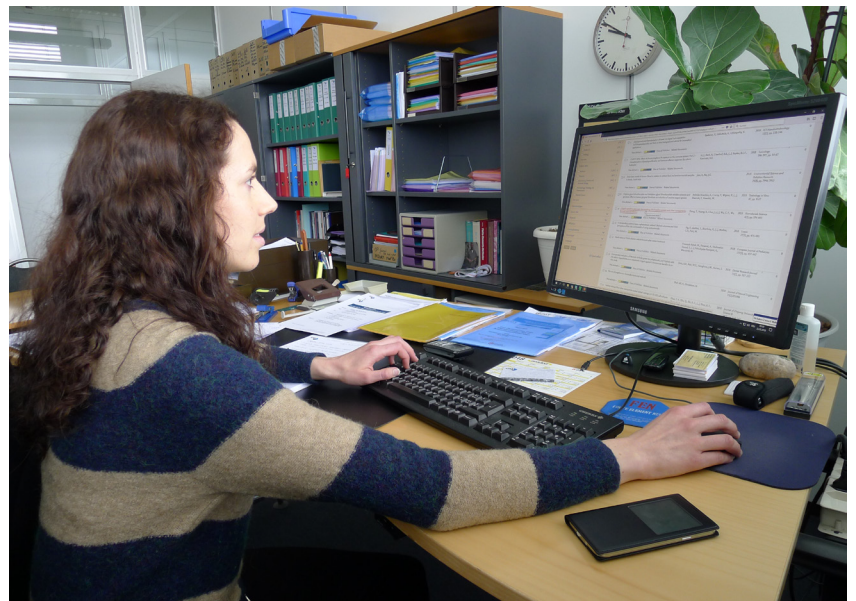
Ende Mai 2017 trat die neue europäische Medizinprodukteverordnung (MDR) in Kraft, mit dem Ziel, Bedenken hinsichtlich der Bewertung der Sicherheit und Leistungsfähigkeit von Medizinprodukten auszuräumen. Unter anderem stellt die MDR deutlich strengere Anforderungen an die klinische Bewertung von Medizinprodukten.

Im Rahmen von klinischen Bewertungen werden die Sicherheit, die Leistungsfähigkeit und der Nutzen von Medizinprodukten anhand von wissenschaftlichen Daten bewertet. Bevor die Anwendung von Medizinprodukten am Menschen erprobt werden kann (klinische Studien), müssen bereits vorhandene Sicherheitsdaten aus Zelltests, Tierstudien oder klinischen Studien systematisch gesucht und beurteilt werden. Da in den meisten Fällen noch keine wissenschaftlichen Sicherheitsdaten zum entsprechenden Medizinprodukt vorhanden sind, müssen Sicherheitsdaten zu den einzelnen chemischen Bestandteilen gesammelt werden. In der RMS Foundation führen wir systematische Studien der wissenschaftlichen Fachliteratur durch. In sogenannten toxikologischen Berichten fassen wir die gefundenen Sicherheitsdaten zusammen und bewerten das Gefahrenpotenzial der jeweiligen Substanz. Die mit den toxikologischen Berichten gewonnenen Erkenntnisse werden, falls möglich, mit Erfahrungsdaten des Herstellers ergänzt und einer Risikobewertung unterzogen. Neben dem Gefahrenpotenzial des Materials hat auch die Dauer der Exposition einen sehr grossen Einfluss auf das daraus entstehende Risiko für den Patienten oder auch den Anwender. Falls aus der Risikobewertung Bedenken zur Sicherheit des Medizinprodukts erwachsen (z. B. durch toxische Bestandteile oder durch ungenügende Datenlage zur Unbedenklichkeit), so sollten diese mit neuen klinische Daten oder mit Anpassungen am Medizinprodukt ausgeräumt werden.

In May 2017, the new Medical Device Regulation (MDR) was implemented. This new regulation addresses concerns about the assessment of the safety and performance of

medical devices. Among other things, the MDR sets much stricter requirements for the clinical evaluation of medical devices.

Clinical evaluations are used to assess the safety, performance and benefits of medical devices based on scientific data. Before the application of medical devices can be tested in humans (clinical studies), existing safety data from cell tests, animal studies or clinical studies must be systematically searched for and evaluated. Since in most cases there is no scientific safety data available for the respective medical device, safety data must be collected for the individual chemical components. At the RMS Foundation, we conduct systematic studies of scientific literature. In so-called toxicology reports, we summarise the safety data found and assess the safety of the respective substance. Where possible,



the findings of the toxicology reports shall be supplemented by experimental data from the manufacturer and will be subject to a risk assessment. In addition to the safety of the material, the duration of the exposure also has a major influence on the risk for the patient or the user. If the risk assessment raises concerns about the safety of the medical device (for example due to toxic components or insufficient literature data on the safety), these should be addressed with new clinical data or with adjustments to the medical device.

S. Rohrer
E. Stübi
N. Döbelin
M. Bohner

Leitung des COST-Programms «Implantatbedingte Infektionen» Chairing the COST action on «device-associated infection»

R. Luginbühl
B. Lüthi
B. Gasser

in collaboration with
Prof. Dr. em. M. Textor,
ETH Zürich



COST is supported by the
EU Framework Programme
Horizon 2020

<http://www.ipromedai.net>

Implantatbedingte Infektionen (DAI) zählen zu den Hauptursachen von klinischen Misserfolgen und beeinträchtigen die Funktionalität von Implantaten. Die Konsequenzen von DAI, verursacht durch bakterielle Anlagerung an der Materialoberfläche, sind Patientenleid und hohe Kosten. Die verschiedenen Implantate und Anwendungen sind unterschiedlich stark betroffen (Häufigkeitsrate in der Orthopädie 2 – 5 %).

Um DAI zu verhindern (Verhinderung der Adhäsion, Hemmung der Vermehrung), wurden schon viele innovative Konzepte getestet. Es mangelt jedoch an spezifischen Normen und genauen Vorgaben zur Testung antimikrobieller Eigenschaften medizinischer Implantate.



2013 hat die RMS einen COST-Antrag initiiert, der vom europäischen Rahmenprogramm Horizon 2020 für vier Jahre bewilligt wurde. Dieses gebietsübergreifende Projekt TD1305 «Verbesserter Schutz medizinischer Vorrichtungen gegen Infektionen – iPROMEDAI» wurde während drei Jahren von der RMS geleitet und wird 2018 enden. Mittlerweile sind in ganz Europa eine stattliche Anzahl von Tagungen mit Teilnehmenden aus 26 Ländern organisiert worden. Dies ermöglichte einen Wissensaustausch und die Initiierung neuer Forschungsprojekte zwischen Klinikern, Ingenieuren und Industrievertretern. Im Weiteren wurden spezifische Ausbildungsprogramme quer durch die technischen Disziplinen gestartet.

Diese COST-Aktion hatte zum Ziel und führte zur I) Untersuchung von wissenschaftlichen, technischen und klinischen Problemen, die als Schlüsselherausforderungen der DAI gelten, II) Suche nach zweckmässigen Lösungen für den Transformationsprozess zu Anwendungen, III) Identifizierung neuer Biomaterialien / Oberflächen mit verbesserter antimikrobieller

krobieller Funktionalität, IV) Dokumentation ganzheitlicher Ansätze für Testmethoden mit zweckspezifischen Referenzmaterialien und V) Erfassung der Zusammenhänge zwischen In-vitro- und In-vivo-Daten.

Device-Associated Infections (DAI) are one of the key reasons for clinical failure and impaired functionality of medical devices. In consequence, DAI, caused by bacterial activity at the material surface, results in high distress for the patients and huge socioeconomic costs. The different implants and applications are affected to varying degrees (frequency in orthopaedics 2 – 5 %).

Many innovative concepts have been tested to prevent DAI including prevention of adhesion and inhibition of proliferation. However, there is a lack of standards and specifications to test the antimicrobial properties of medical devices.

In 2013 the RMS Foundation initiated a COST proposal which was approved for four years by the European Framework Program Horizon 2020. This Trans-Domain Action TD1305 on «Improved Protection of Medical Devices Against Infection – iPROMEDAI» was led for three years by the RMS Foundation and will end in 2018. Meanwhile, a few conferences were organized all over Europe for participants from more than 26 countries. This enabled the support of knowledge exchange and the initiation of new research projects between clinicians, engineers and industrial representatives, as well as providing dedicated training programs across technical disciplines. More specifically, this COST action aimed at and led to I) the investigation of scientific, engineering and clinical issues that have been identified as the key challenges in DAI, II) a search for dedicated solutions in the translational process to applications, III) the identification of novel designed biomaterials/surfaces with enhanced antimicrobial functionality, IV) the documentation of comprehensive sets of standard test methods with appropriate reference materials and finally V) the establishment of relationships between *in vitro* and *in vivo data*.

Publikationen Publications

2016

- Habraken W., Habibovic P., Epple M., Bohner M.; Calcium phosphates in biomedical applications: materials for the future? *Mater Today* 19(2): 69-87, 2016.
- Stähli C., Thüring J., Galea L., Tadier S., Bohner M., Doebelin N.; Hydrogen-substituted β -tricalcium phosphate synthesized in organic media. *Acta Crystallographica B* B72:875-884, 2016.

2017

- Bohner M., Baroud G., Bernstein A., Doebelin N., Galea L., Hesse B., Heuberger R., Meille S., Michel P., von Rechenberg B., Sague J., Seeherman H.; Evidence of bone ingrowth within micropores and its impact on bone healing. *Mater Today* 20(3):106-115, 2017.
- May C., Gueorguiev B., Heuberger R., Sague J., Gross C., Henle P., Delfosse D., Häberli J.; Low metallic wear of dynamic intraligamentary stabilization. *Tribology International* 109, pp. 217-221, 2017.
- Zohdi H., Andreatta B., Heuberger R.; Particles and ions generated in total hip joint prostheses: *in vitro* wear test results of UHMWPE and XLPE acetabular components. *Tribology Letters* 65(3), pp. 92-106, 2017.
- Mulky E., Maniura-Weber K., Frenz M., Fortunato G., Luginbuehl R.; Absorbable mineral nanocomposite for biomedical applications: influence of homogenous fiber dispersity on mechanical properties. *J Biomed Mater Res A*, doi: 10.1002/jbm.a.36284, Epub Dec 27, 2017.

Publikationen aus externen Projekten (EFO) mit RMS-Unterstützung Publications on external projects (EFO) with RMS grant

2016

- Bayon Y., Bohner M., Eglin D., Procter P., Richards R. G., Weber J., Zeugolis D. I.; Innovating in the medical device industry – challenges and opportunities. *ESB 2015, Translational Research Symposium, J Mater Sci Mater Med* 27, DOI: 10.1007/10856-016-5759-5, 2016.
- Danoux C., Pereira D., Doebelin N., Stähli C., Barralet J., van Blitterswijk C., Habibovic P.; The effects of crystal phase and particle morphology of calcium phosphates on proliferation and differentiation of human mesenchymal stromal cells. *Adv Health Mater* 5(14), pp. 1775-1785, 2016.
- Hesse B., Salome M., Castillo-Michel H., Cotte M., Fayard B., Sahle C., De Nolf W., Hradilova J., Masic A., Kanngießer B., Bohner M., Varga P., Raum K., Schrof S.; Full-field calcium K-edge X-ray absorption near-edge spectroscopy on cortical bone at the micron-scale: polarization effects reveal mineral orientation. *Anal Chem* 88(7), pp. 3826–3835, 2016.
- Jentzsch T., Zimmermann S. M., Nicholls F., Cinelli P., Simmen H.-P., Werner C. M. L.; Echinomycin did not affect the safety of fracture healing: an experimental pilot study on a murine femur fracture model. *Patient Safety in Surgery*, 10(7), DOI: 10.1186/s13037-016-0094-9, 2016.
- La Grange D. D., Goebbels N., Santana A., Heuberger R., Imwinkelried T., Eschbach L., Karimi A.; Effect of niobium onto the tribological behavior of cathodic arc deposited Nb-Ti-N coatings. *Wear* Vol. 368-369, pp. 60-69, 2016.
- Rakow A., Schoon J., Dienelt A., John T., Textor M., Duda G., Perka C., Schulze F., Ode A.; Influence of particulate and dissociated metal-on-metal hip endoprosthesis wear on mesenchymal stromal cells *in vivo* and *in vitro*. *Biomaterials*, 98, pp. 31-40, 2016.
- Schaller B., Saulacic N., Imwinkelried T., Beck S., Liu E. W. Y., Gralla J., Nakahara K., Hofstetter W., Iizuka T.; *In vivo* degradation of magnesium plate/screw osteosynthesis implant systems: soft and hard tissue response in a calvarial model in miniature pigs. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* 44 (3), pp. 309-317, 2016.
- Schaller B., Saulacic N., Beck S., Imwinkelried T., Goh B. T., Nakahara K., Hofstetter W., Iizuka T.; *In vivo* degradation of a new concept of magnesium-based rivet-screws in the minipig mandibular bone. *Materials Science and Engineering C* 69, pp. 247-254, 2016.
- Šutka A., Käämbre T., Pärna R., Doebelin N., Vanags M., Smits K., Kisand V.; Ag sensitized TiO₂ and NiFe₂O₄ three-component nano-heterostructures: synthesis, electronic structure and strongly enhanced visible light photocatalytic activity. *RSC Advances* 6(23):18834-18842, 2016.
- Torres P. M. C., Abrantes J., Kaushal A., Pina S., Doebelin N., Bohner M., Ferreira J. M. F.; Influence of Mg-doping and cooling rate on the thermal stability of calcium deficient alpha and beta tricalcium phosphate. *J Eur Ceram Soc* 36:817-27, 2016.
- Vahtrus M., Šutka A., Polyakov B., Oras S., Antsov M., Doebelin N., Lohmus R., Nõmmiste E., Vlassov S.; Effect of cobalt doping on the mechanical properties of ZnO nanowires. *Mater Charact* 121, pp. 40-47, 2016.
- Zhang Y., Dong R., Park Y., Bohner M., Zhang X., Ting K., Soo C., Wu B.M.; Controlled release of NELL-1 protein from chitosan-modified ATCP particles. *Int J Pharm* 511, pp. 79-89, 2016.
- Zimmermann S. M., Schwitler L. W., Scheyerer M. J., Jentzsch T., Simmen H.-P., Werner C. M. L.; Prevention of heterotopic ossification: an experimental study using a plasma expander in a murine model. *BMC Surgery*, 16:29, DOI: 10.1186/s12893-016-0144-3, 2016.

2017

- Clarke S. A., Martin J., Nelson J., Hornez J.-C., Bohner M., Dunne N., Buchanan F.; Surrogate outcome measures of *in vitro* osteoclast resorption of calcium phosphate ceramics. *Adv Health Mater*, No 1600947, 2017.
- Henningsen A., Smeets R., Hartjen P., Heinrich O., Heuberger R., Heiland M., Precht C., Cacaci C.; Photofunctionalization and non-thermal plasma activation of titanium surfaces. *Clinical Oral Investigations*, DOI: 10.1007/s00784-017-2186-z, 2017.
- Knabe C., Mele A., Kann P. H., Peleska B., Adel-Khattab D., Renz H., Reuss A., Bohner M., Stiller M.; Effect of sex-hormone levels, sex, body mass index and other host factors on human craniofacial bone regeneration with bioactive tricalcium phosphate grafts. *Biomaterials*, 123:48-62, 2017.
- Mariaux S., Furustrand Täfeln U., Borens O.; Diagnosis of persistent infection in prosthetic two-stage exchange: PCR analysis of sonication fluid from bone cement spacers. *J. of Bone Joint Infection*, Vol. 2(4), pp. 218-223, 2017.
- Scholtes S., Krämer E., Weisser M., Roth W., Luginbühl R., Grossner T., Richter W.; Global chondrocyte gene expression after a single anabolic loading period: time evolution and re-inducibility of mechano-responses. *J. Cell Physiol.*, DOI: 10.1002/jcp.25933, 2017.
- Šutka A., Doebelin N., Joost U., Smits K., Kisand V., Maiorov M., Kooser K., Kook M., Duarte R. F., Käämbre T.; Facile synthesis of magnetically separable $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Ag}_2\text{O}/\text{Ag}_2\text{CO}_3$ nanoheterostructures with high photocatalytic performance under visible light and enhanced stability against photodegradation. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(4), pp. 3455-3462, 2017.
- Seidenstuecker M., Ruehe J., Suedkamp N. P., Serr A., Wittmer A., Bohner M., Bernstein A., Mayr H. O.; Composite material consisting of microporous β -TCP ceramic and alginate for delayed release of antibiotics. *Acta Biomaterialia*, 51:433-46, 2017.
- Sweedy A., Bohner M., van Lenthe G. H., Baroud G.; A novel method for segmentation and aligning the pre- and post-implantation scaffolds of resorbable calcium phosphate bone substitutes. *Acta Biomaterialia*, 54:441-453, 2017.
- Sweedy A., Bohner M., Baroud G.; Multimodal analysis of *in vivo* resorbable CaP bone substitutes by combining histology, SEM, and microcomputed tomography data. *J Biomed Mater Res B*, DOI: 10.1002/jbm.b.33962, 2017.
- Taylor W. R., Schütz P., Bergmann G., List R., Postolka B., Hitz M., Dymke J., Damm P., Duda G., Gerber H., Schwachmeyer V., Hosseini Nasab S. H., Treczynski A., Kutzner I.; A comprehensive assessment of the musculoskeletal system: the CAMS-Knee data set. *Journal of Biomechanics*, 65, pp. 32-39, 2017.

Abstracts / Kurzfassungen, präsentiert als Vortrag (V) oder Poster (P)

Abstracts presented as lecture (V) or poster (P)

2016

- Bernstein A., Alsaleh D., Bohner M., Südkamp N. P., Mayr H.; Microporous β -tricalcium phosphate (TCP). *World Biomaterials Congress 2016*, Montreal, Canada, (P), 17. – 22.05.2016.
- Bernstein A., Bohner M., Südkamp N., Mayr H.; Rolle von Mikroporen bei der Knochenintegration, DKOU16. *Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie*, Berlin, Germany, (V), 25. – 28.10.2016.
- Bohner M., Galea L., Doebelin N., Sague J., Baroud G., Seeherman H., von Rechenberg B., Bernstein A.; Cells, minerals, collagen within the micropores of calcium phosphate bone graft substitutes: is it bone?. *EFORT 2016*, Geneva, Switzerland, (V), 01. – 03.06.2016.
- Bohner M., Heuberger R., Hornez J.-C., Doebelin N.; P-depleted, Ca-rich β -TCP surfaces after calcination at 500 °C. *World Biomaterials Congress 2016*, Montreal, Canada, (V), 17. – 22.05.2016.
- Clarke S. A., Martin J., Nelson J., Descamps M., Bohner M., Dunne N., Buchanan F.; Surrogate outcome measures of *in vitro* osteoclast resorption of calcium phosphate ceramics. *World Biomaterials Congress 2016*, Montreal, Canada, (P), 17. – 22.05.2016.
- Doebelin N., Armstrong A. A., Wagoner Johnson A. J., Bohner M.; Phosphate evaporation by thermal treatment of CaP ceramics. *Bio-ceramics 2016*, Charlotte, USA, (V), 18. – 20.10.2016.
- Doebelin N., Bohner M.; Evaporation of phosphate groups during calcium phosphate sintering. *15th European Inter-Regional Conference on Ceramics*, Lyon, France, (V), 05. – 07.09.2016.
- Doebelin N.; Profex and BGMN: open-source software for phase analysis by X-ray diffraction. *World Biomaterials Congress 2016*, Montreal, Canada, (P), 17. – 22.05.2016.
- Le Gars Santoni B., Stähli C., Doebelin N., Galea L., Bowen P., Bohner M.; Synthesis of monetite for composite bone graft substitutes. *SSB+RM 2016*, Zurich, Switzerland, (P), 09. – 10.06.2016.
- Stähli C., Galea L., Thüring J., Bohner M., Doebelin N.; Hydrogen-substituted β -TCP synthesized in organic media. *World Biomaterials Congress 2016*, Montreal, Canada, (V), 17. – 22.05.2016.

2017

- Gallo M., Tadier S., Meille S., Bohner M., Gremillard L., Chevalier J.; A comprehensive assessment of *in vitro* evolution of β -TCP samples. *Bioceramics 2017*, Toulouse, France, (V), 25. – 27.10.2017.
- Krämer E., Scholtes S., Weisser M., Roth W., Luginbühl R., Grossner T., Fischer J., Richter W.; Influence of an anabolic loading period on global chondrocyte gene expression in osteochondral tissue engineering constructs. *TERMIS 2017*, Davos, (P), 26. – 30.06.2017.
- Le Gars Santoni B., Stähli C., Doebelin N., Bohner M.; Non-congruent dissolution of copper doped β -tricalcium phosphate. *SVG0/SBMS 2017*, Bern, Switzerland, (V), 04.05.2017.

- Le Gars Santoni B., Stähli C., Doebelin N., Bohner M.; Non-congruent dissolution of copper doped β -tricalcium phosphate. 5th SBMS Summer School, Interlaken, Switzerland, (V), 05.05.2017.
- Le Gars Santoni B., Stähli C., Doebelin N., Bohner M.; Non-congruent dissolution of copper doped β -tricalcium phosphate. SSB+RM 2017, St.Gallen, Switzerland, (V), 17. – 18.05.2017.
- Le Gars Santoni B., Stähli C., Doebelin N., Bohner M.; Copper-doped β -tricalcium phosphate dissolution congruency. Bioceramics 2017, Toulouse, France, (V), 25. – 27.10.2017.
- Zohdi H., Andreatta B., Heuberger R.; Particles and ions generated in total hip joint prostheses: *in vitro* wear test results of UHMWPE and XLPE acetabular components. EORS, Munich, Germany, (P), 13. – 15.09.2017.

Eingeladene Vorträge (ohne Kurzfassung)

Invited talks (without abstracts)

2016

- Bohner M.; Synthetic bone fillers: how important is the micro and macrostructure? Maastricht University, Maastricht, The Netherlands, 05.07.2016.
- Butscher A.; Three-dimensional printing of CaP bone substitutes. 1st International Conference on 3DP in Medicine, Mainz, Deutschland, 15.04.2016.
- Butscher A.; Three-dimensional printing of CaP bone substitutes. SATW-Forum, Olten, Schweiz, 31.05.2016.
- Eschbach L.; Structure of metals. Internal Workshop: Materials & Forming, DePuy Synthes, Zuchwil, 09.11.2016.
- Gasser B.; Die RMS Foundation. GV und Jahresveranstaltung der Gesellschaft Ingenieure der Industrie des sia, Bettlach, Schweiz, 25.05.2016.

2017

- Doebelin N.; RMS Foundation – 30 years competence in testing, research and consulting. 23rd Annual Meeting of the SSB+RM, St. Gallen, Schweiz, (V), 17. – 18.05.2017.
- Heuberger R.; Roughness in MedTech, Sensofar user meeting. Frankfurt-Langen, Deutschland, 24.04.2017.

Eingeladene Vorträge (mit Kurzfassung)

Invited talks (with abstract)

2016

- Bohner M.; Doping calcium phosphates inorganic drugs to trigger a specific biological response: where do we stand? GRIBOI 2016, Shenzhen, China, 15. – 18.04.2016.
- Bohner M.; Synthetic bone fillers: how important is the micro and macrostructure? European Cells & Materials, eCM XVII, Davos, Switzerland, 20. – 23.06.2016.
- Doebelin N.; Designing calcium phosphate bone graft substitutes: current achievements and limitations. International Congress on Ceramics, ICC6, Dresden, Germany, 21. – 25.08.2016.

2017

- Bohner M.; What is the minimum pore size for bone ingrowth? GRIBOI 2017, Athen, Greece, 18. – 21.05.2017.
- Bohner M.; Calcium phosphate purity and its potential biological effect. Bioceramic Symposium, Freiburg, Deutschland, 08.07.2017.
- Butscher A.; Three-dimensional printing of calcium phosphate bone substitutes. ETIM 2017, Essen, Deutschland, 10.02.2017.
- Doebelin N.; Characterization of calcium phosphate ceramics: Precise determination of Ca:P ratio by XRD, ICP-MS, and XRF. Bioceramics 29, Toulouse, France, 25. – 27.10.2017.

Seminarvorträge in der RMS

Seminary talks at the RMS

2016

- 31.03.2016 Cyrille Polier; Masterstudent, EPF Lausanne: Synthesis of pure and (Na, Mg) doped β -TCP ceramics.
- 31.03.2016 Bastien Le Gars Santoni; Masterstudent, EPF Lausanne: Optimization of bioinspired composites for bone graft substitutes.
- 13.12.2016 Philipp Steinmetz; Masterstudent, Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg: Testing of design criteria for the cleanability in the reprocessing of medical devices.
- 20.12.2016 Prof. em. Dr. Marcus Textor; ETH Zürich: KTI-Anträge erfolgreich verfassen.

2017

- 13.01.2017 Dr. Marco Lopez-Heredia; INSERM, University of Lille (F), Biomaterials Research Group: Development of a β -Cyclodextrin based bone substitute.
- 16.05.2017 Dr. Jürgen Vogt; PolyPhysConsult, Flüh: Synthetische Hydrogele als Meniskus-Ersatz.
- 16.08.2017 Dr. Moritz Wagner; Agilent Technologies Schweiz AG, Basel: Different analytical techniques and equipments for the identification of organic leachables and extractables, as well as component analysis.
- 22.08.2017 Prof. Dr. Esther Amstad; EPF Lausanne, Soft Materials Laboratory: Using drops to structure materials.

Lehrtätigkeiten

Teaching activities

2016

- Praktikum für Physiklaborantenlernende, RMS, Bettlach, 11.01. – 20.01.2016:
 - > Bigolin F.; 2 x 3 Tage: «Analytische Werkstoffprüfung».
- Berner Fachhochschule – Technik und Informatik, Nachdiplomstudium «CAS/DAS Medical Technology Management», Medical Technology Center – Managementzentrum, Bern, Januar – März 2016:
 - > Gasser B.; 12 Lektionen: «Orthopädische Implantate».
- Berner Fachhochschule – Technik und Informatik, Biel, BSc-Studiengang «Mikrotechnik und Medizintechnik», Februar – Mai 2016:
 - > Gasser B.; 29 Lektionen: «Orthopädische Implantate» (Vertiefung «Medizinaltechnik 2»).
- Technische Universität Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland, Workshop, 01. – 02.03.2016:
 - > Döbelin N.: «Rietveld analysis with BGMN».
- ETH Zürich-Hönggerberg, Department of Chemistry and Applied Biosciences, Masterstudiengang in «Medicinal and Industrial Pharmaceutical Sciences», Modul 13: «Medical Devices» (Koordinator: Dr. Th. Imwinkelried), April – Juni 2016:
 - > Bohner M.; 1 Lektion: «Bone substitutes».
 - > Gasser B.; 6 Lektionen: «Orthopedic implants», «Mechanical testing», «Production visit at Mathys Ltd. Bettlach», «Workshop».
 - > Luginbuehl R.; 2 Lektionen: «Cleanless of implants», «Importance of surfaces».
 - > Imwinkelried T.; Organisation und 5 Lektionen: «Introduction to MIPS module 13», «RMS Foundation», «Students presentations».
- Montreal, Canada, World Biomaterials Congress 2016, 17. – 22.05.2016:
 - > Bohner M.: «Career networking event».
- University of Bern, Master program «Biomedical Engineering», Vorlesung «Applied Biomaterials», total 26 Lektionen, September – Dezember 2016:
 - > Luginbuehl R.; Organisation und Durchführung: «Degradable scaffolds for tissue engineering», «Medical devices and infection», «The concept of biocompatibility testing and cleanliness».
 - > Bohner M.: «Calcium phosphate as bone substitute materials».
 - > Doeblin N.: «XRD analysis and applications».
 - > Eschbach L.: «Failures of medical devices: Identification of failure modes».
 - > Heuberger R.: «Tribology in medical device applications».
 - > Imwinkelried T.: «Metal foams and absorbable Mg alloys».
 - > Sague J.: «UHMWPE and its application».
- Maastricht University, MERLN Institute, Faculty of Health, Medicine and Life Sciences, Maastricht, The Netherlands, 03. – 05.10.2016:
 - > Döbelin N.: «Introduction to powder X-ray diffraction and Rietveld refinement».

- Weiterbildungstag «Berufsfachprüfung Oberflächen», Teilmodul «Werkstofftechnik», RMS, Bettlach; 25.11.2016:
 - > Bigolin F., Bohner M., Eschbach L., Gasser B., Heuberger R., Loeffel O.: 8 Lektionen über «Oberflächen, Oberflächenanalysen»
- Bordeaux University, Bordeaux Cedex, Programme des conférences du master «Biomatériaux et Dispositifs Médicaux 2016-2017»:
 - > Bohner M.: «Bone substitutes».

2017

- Berner Fachhochschule – Technik und Informatik, Nachdiplomstudium «CAS/DAS Medical Technology Management», Medical Technology Center – Managementzentrum, Bern, Februar 2017:
 - > Gasser B.; 12 Lektionen: «Orthopädische Implantate».
- Berner Fachhochschule – Technik und Informatik, Biel, BSc-Studiengang «Mikrotechnik und Medizintechnik», Februar – Mai 2017:
 - > Gasser B.; 24 Lektionen: «Orthopädische Implantate» (Vertiefung «Medizinaltechnik 2»).
- ETH Zürich-Hönggerberg, Department of Chemistry and Applied Biosciences, Masterstudiengang in «Medicinal and Industrial Pharmaceutical Sciences», Modul 13: «Medical Devices» (Coordinator: Dr. Th. Imwinkelried), Februar – Mai 2017:
 - > Bohner M.; 1 Lektion: «Bone substitutes».
 - > Gasser B.; 5 Lektionen: «Orthopedic implants», «Mechanical testing», «Workshop».
 - > Imwinkelried T.; 5 Lektionen: «Overview», «Student's work and presentation», «Visit of production at Mathys Ltd. Bettlach»
 - > Luginbühl R.; 2 Lektionen: «Cleanliness of implants», «Importance of surfaces».
- University of Oslo, The Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Department of Geosciences, Norway, 07. – 09.06.2017:
 - > Döbelin N.: «Introduction to powder X-ray diffraction and Rietveld refinement».
- University of Bern, Master program «Biomedical Engineering», Vorlesung «Applied Biomaterials», total 12 Lektionen, September – Oktober 2017:
 - > Bohner M.: «Bone substitute materials».
 - > Doebelin N.: «XRD analysis – Advanced analytical techniques».
 - > Eschbach L.: «Failure analysis».
 - > Heuberger R.: «Tribology of orthopaedic materials».
 - > Imwinkelried T.: «Metal and foams / Absorbable Mg alloys».
 - > Sague J.: «UHMWPE».

Patente

Patents

2016

- PCT-Anmeldung: PCT/EP2009/058431 (S09_0009; P35549EP00)
Erfinder / Eigentümer: R. Luginbühl, J. Vogt, R. Mathys, B. Gasser, J. Sague, Y. Loosli / Dr. h. c. Robert Mathys Stiftung, Bettlach
Titel: Implant Device
Erteilung: 08.01.2016, Kanada (CA 2 728 686)
- PCT-Anmeldung: PCT/CH2013/000068 (A13_0896; 2970/PCT)
Erfinder / Eigentümer: M. Bohner, N. Döbelin, H. Tiainen / Mathys AG Bettlach, Bettlach
Titel: Calcium phosphate composition
Veröffentlichungen: 02.03.2016, Europa (EP2988789)
17.03.2016, USA (US-2016-0075599)
- PCT-Anmeldung: PCT/CH2010/000063 (A10_1505; 2596/PCT)
Erfinder / Eigentümer: M. Bohner, R. Luginbühl / Mathys AG Bettlach, Bettlach
Titel: Bone graft substitute
Erteilung: 02.11.2016, Europa (EP 2544727 B1)
- PCT-Anmeldung: PCT/EP2004/013649/EP 03 027 740.4 (S09_0013; P27879)
Erfinder / Eigentümer: R. Luginbühl, R. G. Richards, I. ap Gwynn / Dr. h. c. Robert Mathys Stiftung, Bettlach und AO Research Institute, Davos
Titel: Prosthetic Device for Cartilage Repair
Übertragung: 20.12.2016, Teilrechte von AO an RMS Foundation

2017

- PCT-Anmeldung: PCT/EP2009/058431 (S09_0009; P35549EP00)
Erfinder / Eigentümer: R. Luginbühl, J. Vogt, R. Mathys, B. Gasser, J. Sague, Y. Loosli / Dr. h. c. Robert Mathys Stiftung, Bettlach
Titel: Implant Device
Erteilung: 30.08.2017, Europa (EP 2331022)
Veröffentlichung: 30.08.2017, Schweiz und Liechtenstein
- PCT-Anmeldung: PCT/CH2013/000068 (A13_0896; 2970/PCT)
Erfinder / Eigentümer: M. Bohner, N. Döbelin, H. Tiainen / Mathys AG Bettlach, Bettlach
Titel: Calcium phosphate composition
Erteilung: 04.04.2017, USA (US 9611173)
14.09.2017, Australien (2013387611)
- 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
Zulassung: 14.12.2017, USA

Personal / Personnel

Stiftungsrat / Board of Trustees

Mathys Robert; Präsident / President

Dr. Kaiser Urs, Mathys Gabriela, Mathys Reinhold, Stuber Urs

Wissenschaftlicher Rat / Scientific Board

Beck Martin	Prof. Dr. med.
Gasser Beat	Dr. rer. nat., dipl. Ing. ETH
Gautier Emanuel	Prof. Dr. med.
Gerber Hans	Dr. sc. techn., dipl. Ing. ETH
Hofstetter Willy	Prof. Dr. phil. nat.
Mathys Robert	Dipl. Ing. ETH
Perren Stephan	Prof. Dr. med., Dr. sci. (h. c.)
Schlapbach Louis	Prof. Dr. sc. nat.
Schmoker Roland	Dr. med. et Dr. med. dent.
Textor Hans Marcus	Prof. Dr. phil. II

Geschäftsleitung / Management

Gasser Beat	Dr. rer. nat., Geschäftsführer / PhD, Managing Director	01.06.1990
Bohner Marc	Dr. sc. techn., Leiter Gruppe Biokeramik & Biokompatibilität / PhD, Head of the Bioceramics & Biocompatibility Group	01.03.1998
Butscher André	Dr. sc. ETH, Leiter Gruppe Bio- & Strukturmechanik / PhD, Head of the Bio- & Structural Mechanics Group	01.05.2001
Eschbach Lukas	Dr. sc. techn., Leiter Gruppe Werkstoffe; Leiter Marketing / PhD, Head of the Materials Group; Head of Marketing	01.11.1997
Luginbühl Reto	Dr. phil. nat., Leiter Gruppe Chemie & Biologie / PhD, Head of the Chemistry & Biology Group	01.10.2001 – 31.03.2017
Lüthi Beatrice	NDS HF, Leiterin Finanzen; Leiterin Q-Management / Dipl. Head of Finance & Services NDS HF, Head of Finances; Head of QM	19.02.1996

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

Andreatta Benjamin	Chemielaborant / Chemistry Laboratory Assistant	01.06.2010
Bannerman Alistair	Dr.; Postdoktorand / PhD; postdoc	01.06.2015 – 31.12.2017
Bigolin Fabrizio	Teamleiter Analytik & Werkstoffprüfung / Team Leader Analytics & Materials Testing	01.08.1985
Brandt-dit-Siméon Yannick	Physiklaborant EFZ / Physics Laboratory Assistant	01.08.2009
Bucher Patrick	Dipl. El.-Ing. HTL; Leiter Informatik / Electronic Engineer; Head of Information Technology	01.03.2002
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
Erzer Anita	Rechnungswesen; Betriebsanität / Accounting; First Aid	01.12.2006
Gilgen Rolf	Versuchsmechanik / Prototype Mechanics	01.04.2013
Haldi Cornelia	Administration; Marketing / Administration; Marketing	01.10.2011
Herger Myriam	Dipl.-Ing. (FH); Materialografie und Produktschäden / Dipl.-Ing. (FH); Materialography and Failure Analysis	01.05.2010
Heuberger Roman	Dr. sc. ETH Zürich, dipl. Ing. ETH; Teamleiter Oberflächen & Tribologie / Dr. sc. ETH Zurich, MSc ETH; Team Leader Surfaces & Tribology	01.11.2007
Himmer Marina	Metallografen / Metallographer	05.05.1997
Husmann Martin	System- und Netzwerktechniker; Informatik / IT-Systems and Network Engineer; Information Technology	01.08.2017
Imwinkelried Thomas	Dr. sc. techn., dipl. Ing. EPFL; Wissenschaftlicher Mitarbeiter / PhD, MSc EPFL; Senior Scientist	01.11.2014
Jakobs Stefan	MSc Maschinenbau; Biomechanik / MSc Mechanical Engineering; Biomechanics	16.10.2017
Jedrinovic Lucija	Reinigungsfachfrau / Char Woman	01.10.2008
Krukli Samuel	MSc Business Information Systems FHNW; Informatik / Information Technology	01.12.2007 – 30.04.2017
Lau Alexandra	Metallografen / Metallographer	01.02.2011
Lips Maruan	Lernender Physiklaborant / Physics Laboratory Apprentice	01.08.2017
Le Gars Antoni Bastien	MSc EPF Lausanne; Doktorand / PhD student	01.10.2016
Loeffel Oliver	Laborant XPS und REM / XPS and SEM Laboratory Assistant	01.11.2006
May Christian	Dr. sc. ETH, dipl. Physiker; FE-Simulation / PhD, Physicist; FE Simulation	09.05.2011 – 30.09.2017
Meister von Gunten Josiane	Leiterin Administration & Personal, Assistentin GF / Head of Administration & HR, Assistant to Managing Director	05.04.1988
Michel Pascal	Chemielaborant; Reinraum / Chemistry Laboratory Assistant; Clean Room	01.04.2013
Radacic Ljubisa	Laborant / Laboratory Assistant	16.02.2009
Rohrer Simona	MSc in Toxicology; Wissenschaftliche Mitarbeiterin / Scientist	13.09.2017
Röthlisberger Stefan	Technischer Mitarbeiter, Mechanische Werkstoffprüfung / Technical Staff Member, Mechanical Materials Testing	01.04.2014
Sague Jorge	Dr. phil. nat., Chemiker; Wissenschaftlicher Mitarbeiter / PhD, chemist; Senior Scientist	16.04.2009
Stähli Christoph	Dr., MSc EPFL Mat. Sc.; Wissenschaftlicher Mitarbeiter / PhD, MSc EPFL Mat. Sc.; Senior Scientist	01.02.2015
Streit Dieter	Metallkunde-Laborant, Werkstofftechnik / Metallography Laboratory Assistant, Materials Technology	01.03.2015
Stübi-Bondarenko Elena	MSc in Molecular Life Sciences; Biologie / Biology	01.04.2016
Wälti Christian	Statische und dynamische Prüfung; Sicherheitsbeauftragter / Static and Dynamic Testing; Safety Delegate	22.04.1987
Zehnder Christin	Physiklaborantin EFZ / Physics Laboratory Assistant	01.08.2013

Gastforscher, Studenten / Guest scientists, students

Chen Yi	Assistant Researcher, The First Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou, China, Praktikum	29.08.2016 – 09.09.2016
Favrod Valentine	Studentin, EPF Lausanne, Material Science and Engineering, Praktikum	11.07.2016 – 09.09.2016
Glatthard Janine	Studentin ZHAW Winterthur, Praktikum	11.07.2016 – 12.08.2016 / 03.07.2017 – 18.08.2017
Heimgartner Isabelle	Studentin, EPF Lausanne, Praktikum	14.08.2017 – 11.09.2017
Henky Hélène	Studentin, Université de Mulhouse, Praktikum	03.04.2017 – 26.05.2017
Le Gars Antoni Bastien	Student, EPF Lausanne, Masterarbeit / Praktikum	14.09.2015 – 11.03.2016 / 01.04.2016 – 30.09.2016
Musyoka Barbara	Technische Fachschule, Berufsbildungszentrum Biel, Praktikum	29.02.2016 – 25.05.2016
Pavan Francesco	Student, EPF Lausanne, Praktikum	15.02.2017 – 14.07.2017
Petrig Simon	Technische Fachschule, Berufsbildungszentrum Biel, Praktikum	14.11.2016 – 24.02.2017
Polier Cyrille	Student, EPF Lausanne, Material Science and Engineering, Masterarbeit	14.09.2015 – 11.03.2016
Schlup Bastian	Technische Fachschule, Berufsbildungszentrum Biel, Praktikum	08.03.2017 – 31.07.2017
Steinmetz Philipp	Student, Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, Masterarbeit	04.04.2016 – 31.12.2016
Zohdi Hamoon	Student, Universität Bern, Biomedical Engineering, Praktikum	01.07.2016 – 31.12.2016

Titelbild – Brushite-Einkristalle im doppelt polarisierten Lichtmikroskop (Bildausschnitt ca. 3 mm x 4 mm).
Cover picture – Brushite single crystals in cross-polarized light microscopy (image size approx. 3 mm x 4 mm).



RMS Foundation
Dr. h. c. Robert Mathys Stiftung
Bischmattstrasse 12
P.O. Box 203
CH-2544 Bettlach

Phone +41 32 644 20 00
rms@rms-foundation.ch
www.rms-foundation.ch