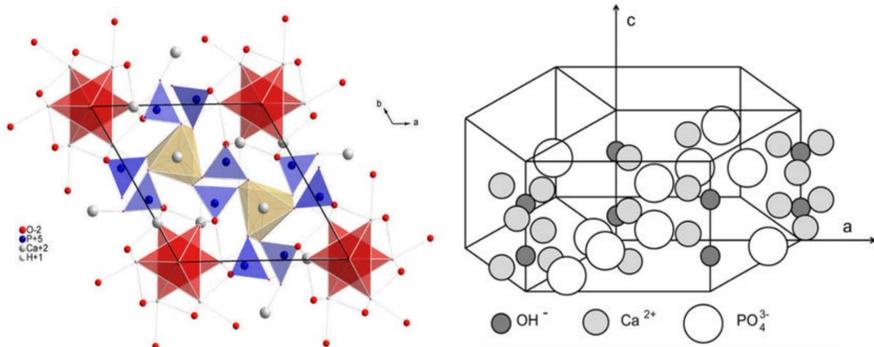


Synthetische Materialien für die Knochenregeneration: Hydroxylapatit



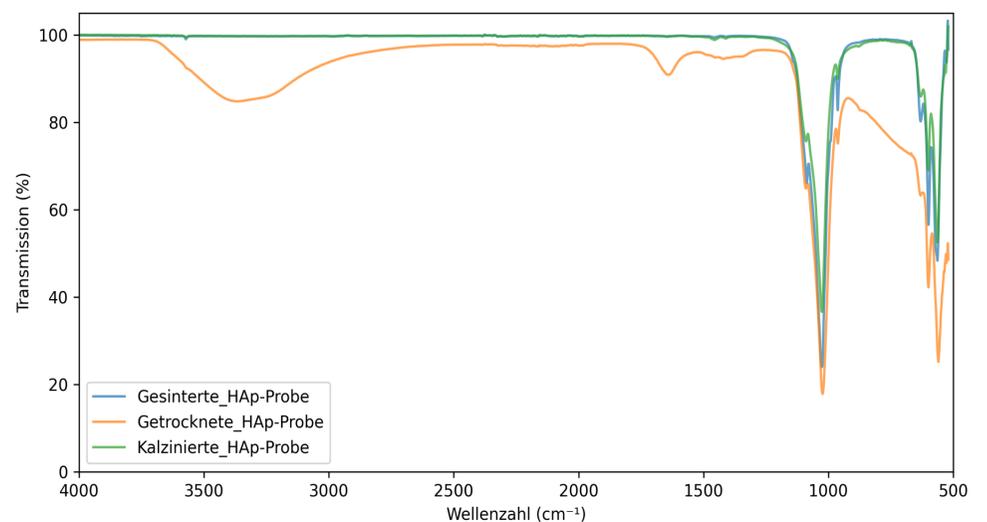
Kristallstruktur von Hydroxylapatit (Bufler, 2004 & Curkovic et al., 2017)



Getrocknetes HAP-Pulvers mit sichtbarer Agglomeratbildung



Aufbau der Titrationsvorrichtung für die nasschemische Fällung



FTIR-Spektrum der drei Proben

Problemstellung

Hydroxylapatit (HAp) ist ein Calciumorthophosphat mit einem Ca/P-Verhältnis von 1.67 und entspricht damit dem natürlichen Knochenmineral. Dies machte es zum bevorzugten Material für Implantatbeschichtungen und Knochenersatzstoffe. Synthetisch bzw. alloplastisch hergestelltes HAp stellt dabei eine vielversprechende Alternative zu natürlichem Material (Autografts, Isografts, Allografts, Xenografts) dar, das mit Risiken wie Infektionsübertragung, ethischen Bedenken und begrenzter Verfügbarkeit behaftet ist. Mit dieser Arbeit soll ein standardisierter Syntheseweg für phasenreines Hydroxylapatit entwickelt werden, basierend auf der nasschemischen Fällungsmethode. Dabei werden gezielt die Auswirkungen thermischer Nachbehandlungen auf die chemische Struktur mittels FTIR-Spektroskopie analysiert. Die Arbeit soll eine Grundlage für zukünftige Forschungsarbeiten zur Materialoptimierung im Bereich der Knochenregeneration am Kompetenzzentrum für Medizintechnik schaffen.

Methoden

Die Arbeit folgt einem deduktiven Forschungsdesign. Zunächst wurde eine umfassende Literaturrecherche zur Synthese von HAp durchgeführt. Anschliessend wurde HAp mittels nasschemischer Fällung unter Verwendung von Calciumnitrat, Diammoniumhydrogenphosphat und Ammoniaklösung hergestellt. Das erhaltene nanokristalline Pulver wurde in drei Proben unterteilt, die unterschiedlichen Temperaturbehandlungen unterzogen wurden (Trocknung, Tempern, Sintern). Zur Analyse kam die FTIR-Spektroskopie zum Einsatz, mit der funktionelle Gruppen qualitativ identifiziert wurden. Begleitend wurden die Verfahren hinsichtlich Energieaufwand und Ergebnisqualität bewertet, um den effizientesten Syntheseweg zu bestimmen. Ergänzend erfolgte eine Risikoanalyse nach ISO 14971 sowie die Erstellung eines Standard Operating Procedure (SOP) zur reproduzierbaren HAp-Herstellung.

Ergebnisse

Die Synthese von Hydroxylapatit mittels nasschemischer Fällung führte zu einem weissen, homogen erscheinenden Pulver mit hoher Ausbeute. Die anschliessende FTIR-Analyse zeigte, dass die Temperaturbehandlung deutliche Auswirkungen auf die chemische Struktur hat. Beim Tempern und Sintern wurden Wasser, Ammoniak und Carbonat effektiv entfernt. Die OH⁻-Signale blieben nur schwach erhalten, was auf eine strukturelle Degradation des Apatits hinweist. Eine moderate Temperaturbehandlung erwies sich daher als optimaler Kompromiss zwischen Reinigung und Strukturerehalt. Die Risikoanalyse bestätigte, dass keine unvermeidbaren Risiken beim Verfahren vorliegen. Das entwickelte SOP bildet eine zuverlässige Grundlage für eine standardisierte und reproduzierbare Synthese von Hydroxylapatit.

Maxim Häussler

Hauptbetreuer: Prof. Dr. Michael Bufler
Experte: Dr. Marc Stephan
Industriepartner: CC BME