

SSL – Smart Solution Labs

Innovationssprints zur Förderung der deutsch-niederländischen Zusammenarbeit

Autoren: Nele Binder, Tobias Seidl

Die Smart Solution Labs (SSL) bieten eine neue Plattform für die Zusammenarbeit niederländischer und deutscher Unternehmen sowie Hochschulen, die sich durch Interdisziplinarität und Interkulturalität auszeichnen. Ziel ist es, Studierenden ein Netzwerk in der regionalen Industrie zu bieten und dem Fachkräftemangel entgegenzuwirken. In zwei, jeweils achtwöchigen Innovationssprints, erarbeiten Teams aus Studierenden der Hogeschool Saxion, der Fachhochschule Münster und der Westfälischen Hochschule Aufgabenstellungen eines kleinen oder mittelständischen Unternehmens aus der deutsch-niederländischen Grenzregion. Das Fundament für diese Innovationssprints sind Schulungen zu den Themen interkulturelle Zusammenarbeit und Design-Thinking. Die verschiedenen fachlichen Hintergründe der Studierenden stellen einen Perspektivwechsel für die Unternehmen dar. Es werden neue, andersartige Ideen generiert und konkrete Lösungsvorschläge für Unternehmen erarbeitet.

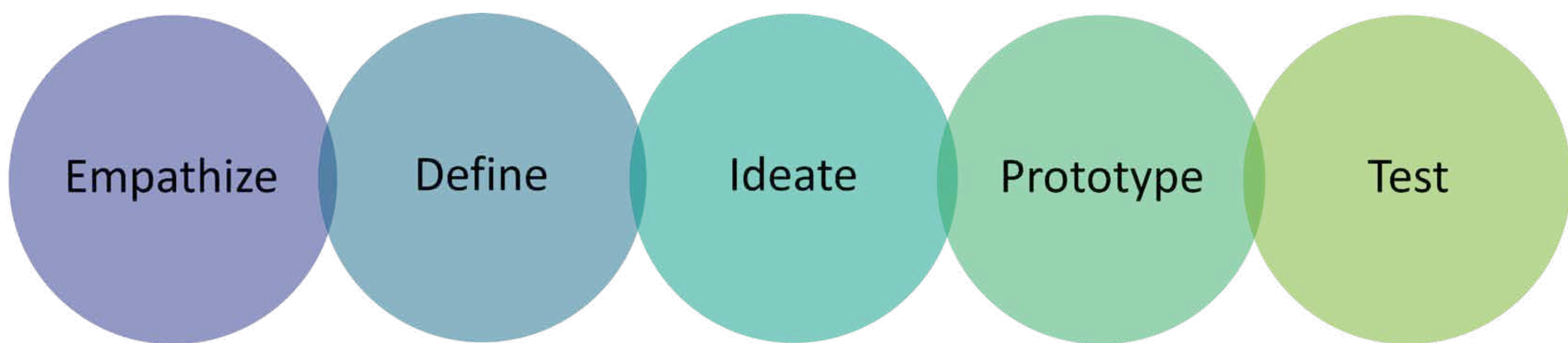
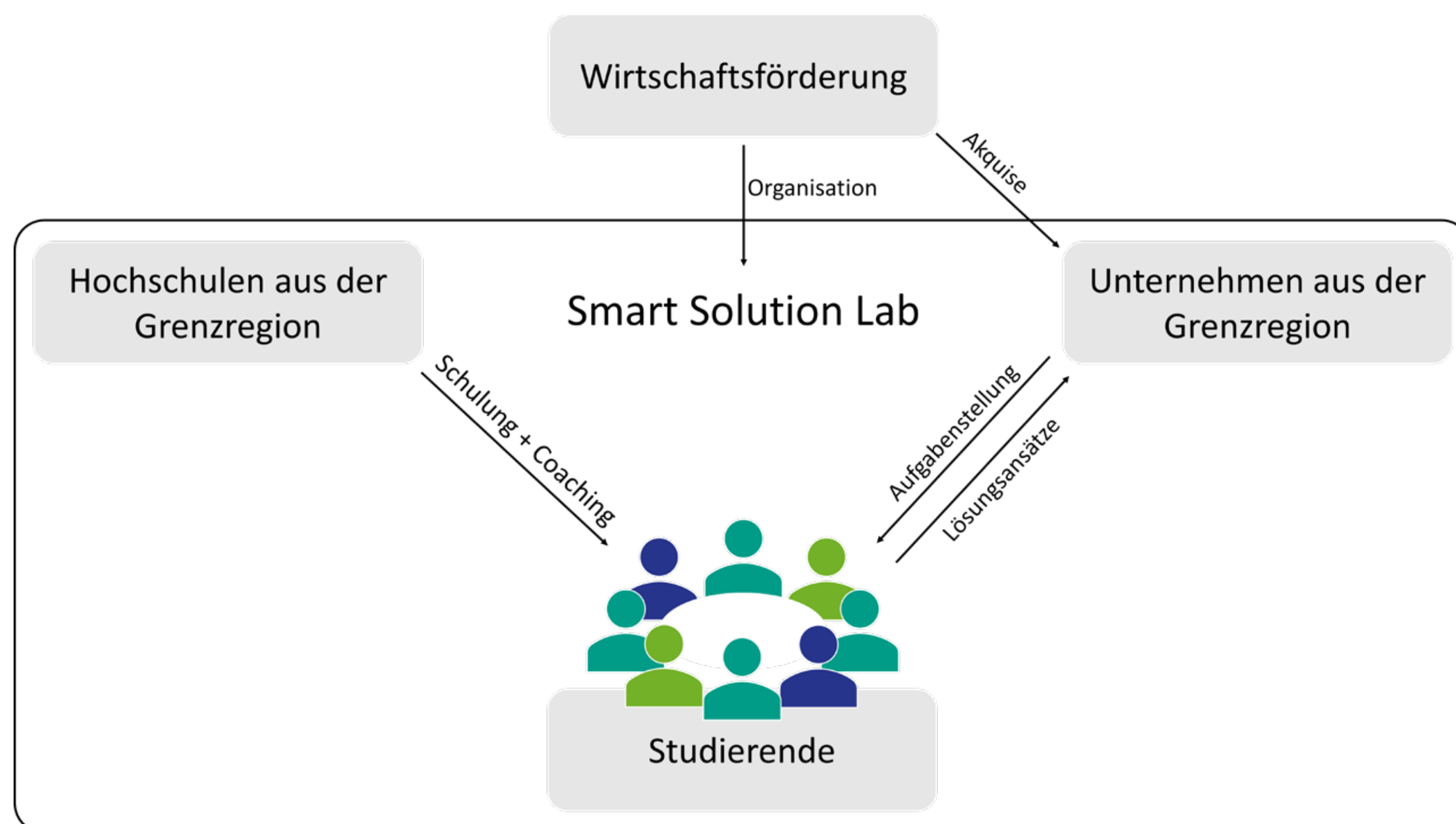


Abb. 1: Schritte des Design-Thinking-Prozesses. Hierbei handelt es sich um eine agile Methode, das Vor- und Zurückspringen zwischen den Schritten ist erlaubt und gewünscht. Erstellt nach dem Modell der Stanford d.school [1].

Das praxisnahe Projekt endet jedoch nicht mit dem Abschluss des Innovationssprints. Für Studierende besteht die Aussicht auf eine Weiterbeschäftigung, zum Beispiel in Form einer Abschlussarbeit oder als Werkstudent/-studentin. Sie können so ihre Ideen weiter vorantreiben.

Im Rahmen der Tech Garagen wird das Projekt weiteren interessierten Studierenden und Unternehmen offen zugänglich gemacht. Das halbjährliche Netzwerk- und Co-Creation-Event befasst sich mit aktuellen Innovationen, sowohl innerhalb und außerhalb der SSL. Die Teams haben eine Plattform, auf der sie ihre Ergebnisse aus dem SSL präsentieren können, während Unternehmen die nächsten Fragestellungen pitchten. Die erste Tech Garage im Dezember 2023 fand zum Thema „Künstliche Intelligenz“ bei Tobit Software in Ahaus statt. Ergänzt wurde sie dafür mit einem Impulsvortrag und einer Inspiration Tour, mit dem Ziel neue Denkanstöße zu geben. [2]



Quellen

[1] Stanford d.school (2018): Design Thinking Bootleg. Hasso Plattner Institute of Design. Online verfügbar unter <https://dschool.stanford.edu/resources/design-thinking-bootleg>, zuletzt geprüft am 08.12.2023.

[2] Smart Solution Labs (2023): Erste Tech Garage bei Smart Solution Labs. Online verfügbar unter <https://www.smartsolutionlabs.eu/erste-tech-garage-bei-smart-solution-labs/>, zuletzt geprüft am 17.01.2024.

Abb. 2: Kooperation in den Smart Solution Labs.

Dieses Projekt wird im Rahmen des Interreg-Programms Deutschland-Niederland von der Europäischen Union und den Interreg-Partnern finanziell unterstützt. Weitere Informationen unter: <https://www.smartsolutionlabs.eu>

Blindterni: Ein inklusives 3D 4-Gewinnt



Autoren: Moses-Gereon Wullweber, Tobias Seidl

Menschen mit Behinderung sind in ihrem Alltag eingeschränkt und werden häufig, auch aufgrund von Berührungsängsten, ausgegrenzt. Spiele sind eine einfache Möglichkeit sie besser im Alltag zu inkludieren und in lockerer Atmosphäre mit den Mitmenschen in Kontakt zu kommen.

Als „Blindterni“ wird ein inklusives dreidimensionales 4-Gewinnt entwickelt, mit dem sowohl Menschen mit als auch ohne Sehschädigung gemeinsam spielen können. Ziel des Spieles ist es, auf einem Spielfeld vier Steine der gleichen Farbe/Haptik in einer Reihe zu platzieren (horizontal, vertikal oder diagonal) (Abbildung 1).

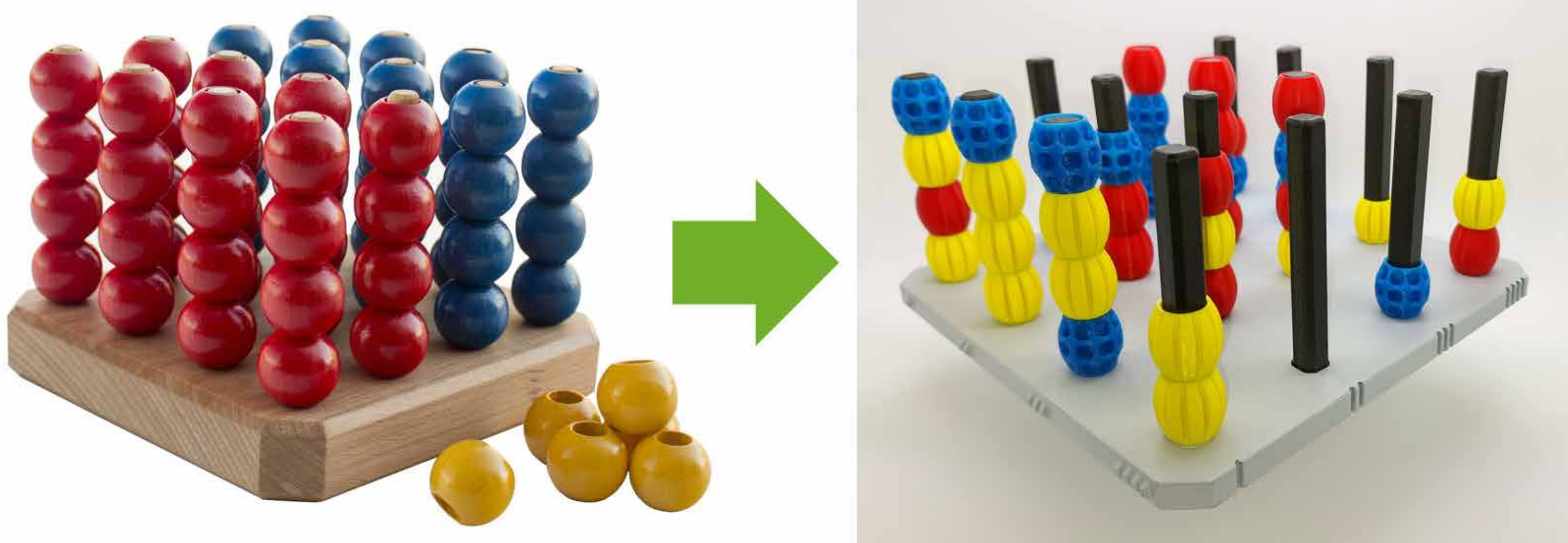


Abb. 1: Transformation vom Original (links) zur inklusiven Version (rechts). [1]

Lediglich 10 % der Blinden haben gelernt Brailleschrift zu lesen [2]. Taktile Spiele ohne jede Art von Schrift oder Sprache bilden hingegen einen universelleren Ansatz der Inklusion. Bei „Blindterni“ unterscheiden sich die Spielsteine nicht nur durch ihre Farbe, sondern auch durch ihre Haptik. Vertikale Rillen oder Einbuchtungen ermöglichen eine eindeutige Unterscheidung (Abbildung 2). Zudem befinden sich am Spielfeld Markierungen für Zeilen und Spalten, um die Position der Steine zuordnen zu können. Das Spielfeld ist im Vergleich zum Originalspiel „Quaterni“ [2] vergrößert, damit ein Ertasten der gespielten Steine möglich ist. Dieses ist modular aufgebaut, um fertigungsgerecht und zuverlässig durch Fused Layer Modeling (FLM) hergestellt werden zu können.

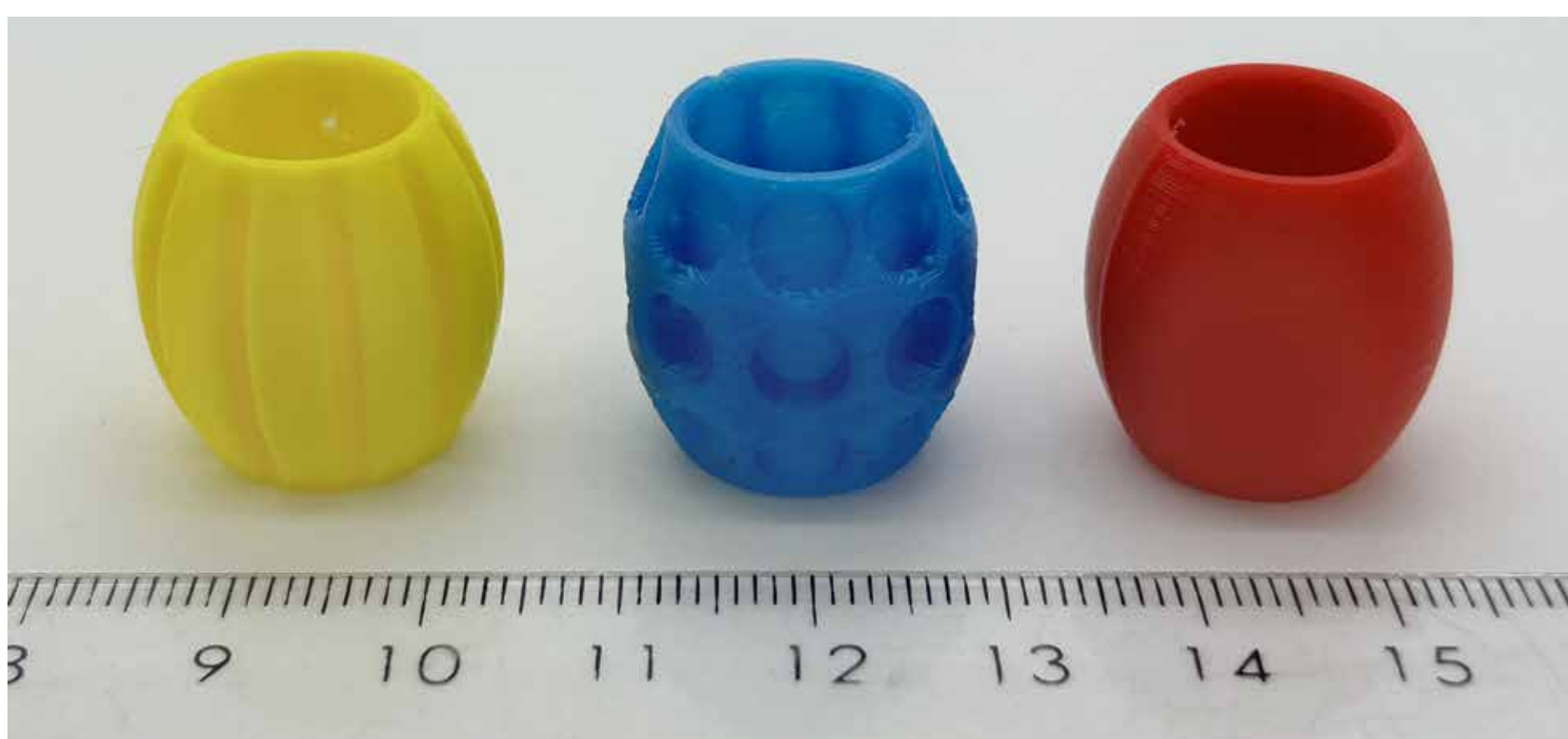


Abb. 2: Spielsteine mit unterschiedlicher Haptik und Farbe.
Gelb: vertikale Linien, blau: Einbuchtungen, rot: glatt.

FLM bietet sich besonders für die Fertigung an, da es weltweit hochverbreitet ist. Jede Person mit Zugang zu einem solchen 3D-Drucker kann das Spiel fertigen und nutzen. Versandkosten oder sogar Zollgebühren entfallen somit. Dadurch ist Menschen mit und ohne Sehschädigung ein kostengünstiger und umweltschonender Zugang möglich.

[1] Holz-Spielzeuge: Quaterni – Vier gewinnt 3D.

URL: <https://www.holzspielzeug-spiele.eu/Gesellschaftsspiele-Tischspiele/quaterni-3d.html>. (Abrufdatum: 21.02.2024).

[2] Blinden- und Sehbehindertenverein Westfalen e.V.: Wie lesen blinde Menschen?. URL: <https://www.bsww.org/wie-lesen-blinde-menschen.html#:~:text=Die%20meisten%20blinden%20Menschen%20können,von%20ihnen%2C%20lernen%20diese%20Schrift.> (Abrufdatum: 21.02.2024).

„Etwas Schwund ist immer“ Biomechanische Untersuchungen zum Öffnungsmechanismus von verholzten Früchten der Gattung *Hakea*

Autoren: Artur Stachalski, Phil Martens, Heike Beismann

Anpassung an Feuer zur Ausbreitung

Verholzte Früchte der Gattung *Hakea* (Proteaceae) können viele Jahre auf der Mutterpflanze verbleiben (Serotinie) und öffnen sich in der Regel erst bei Brandereignissen. Der Mechanismus erlaubt während der Austrocknung der Balgfrüchte die präzise Öffnung an der Bauchnaht und der Rückenseite entlang einer Sollbruchstelle und setzt zwei Flugsamen frei. Verschiedene biomechanische Untersuchungen werden hier zusammenfassend für die Arten *H. sericea* und *H. salicifolia* dargestellt.

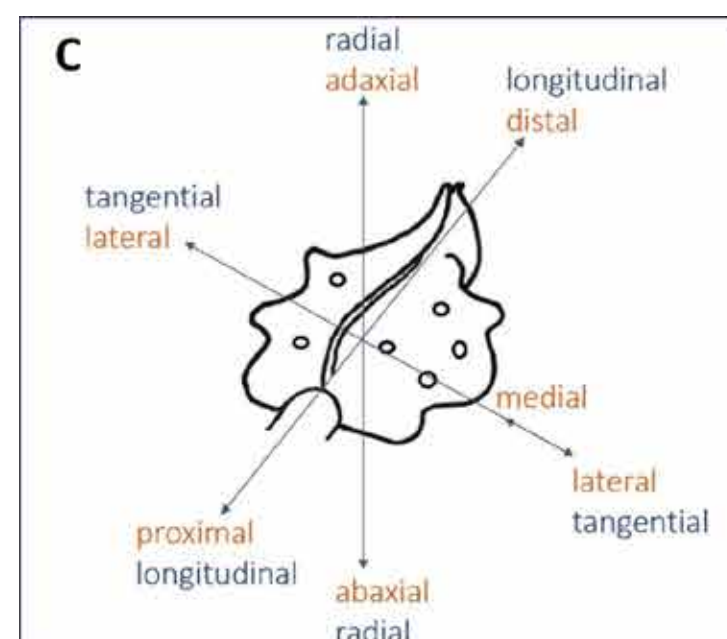


Abb. 1: Richtungsbezeichnungen für die Früchte ^[1]

Verholzte Früchte



Abb. 2: A: Ast mit geöffneten *H. salicifolia*-Früchten nach dem Trocknen, B: Fruchthälften mit Flugsamen (1) und Samenkuhle (2) ^[1]

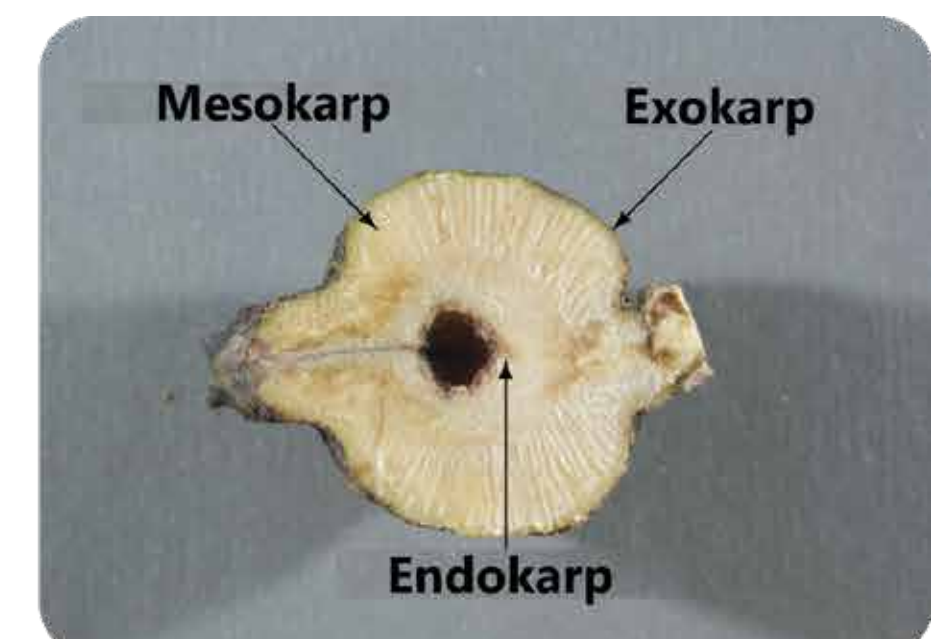


Abb. 3: Aufsicht auf Querschnitt durch eine geschlossene Frucht von *H. sericea* ^[2]

Schwindverhalten

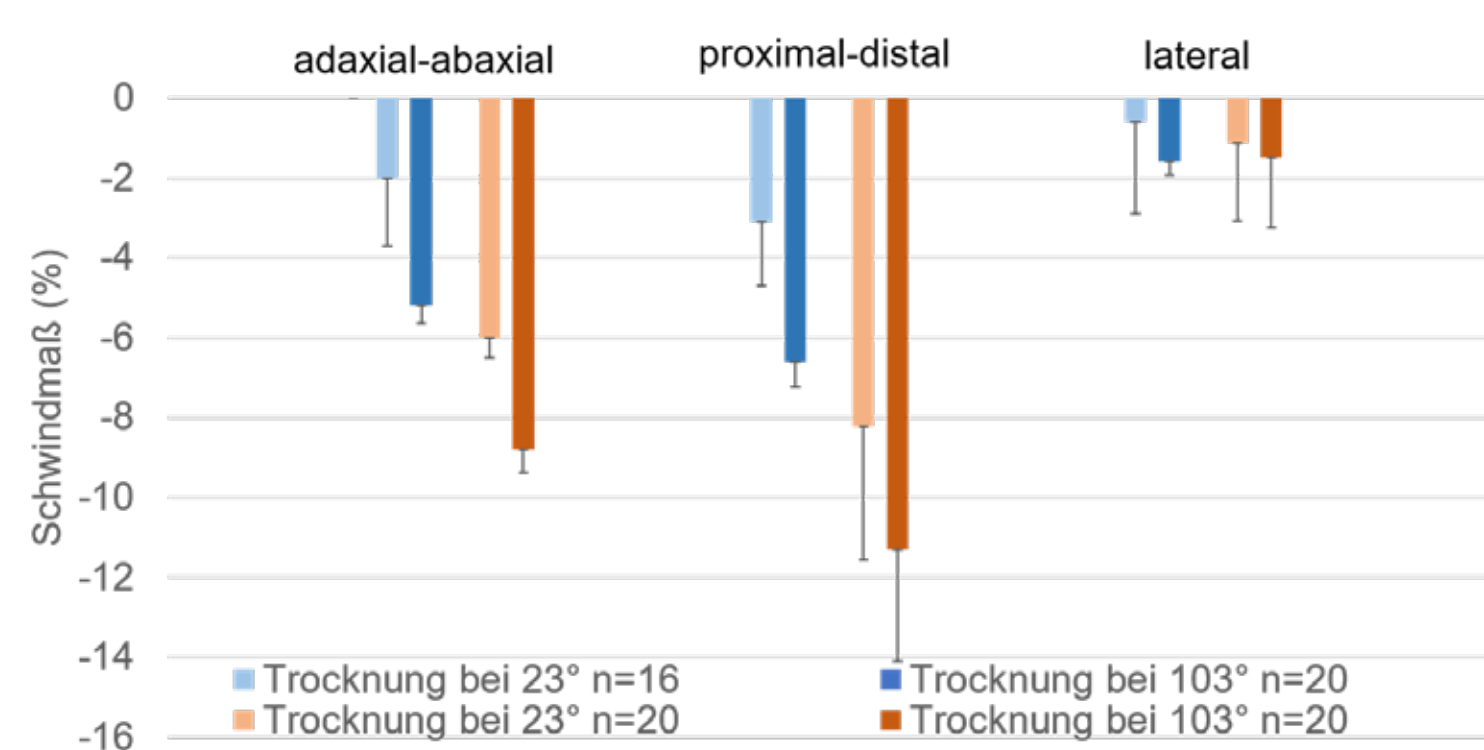


Abb. 4: Schwindverhalten der Früchte

In Längsrichtung (proximal-distal) zeigen die Früchte das größte Schwindmaß (bis > 10%) ^[3]. Im Mittel zeigen europäische Hölzer in Längsrichtung dagegen ein Schwindmaß von nur 0,4 % ^[4].

Öffnungskraft

Durch das anisotrope Schwindverhalten im Mesokarp der Früchte werden Spannungen induziert, die zur Öffnung führen. Dabei werden unterschiedlich große blockierte Öffnungskräfte erzeugt; bei *H. sericea* etwa viermal größere Kräfte (ca. 40 N) im Vergleich zu *H. salicifolia* (ca. 10 N).

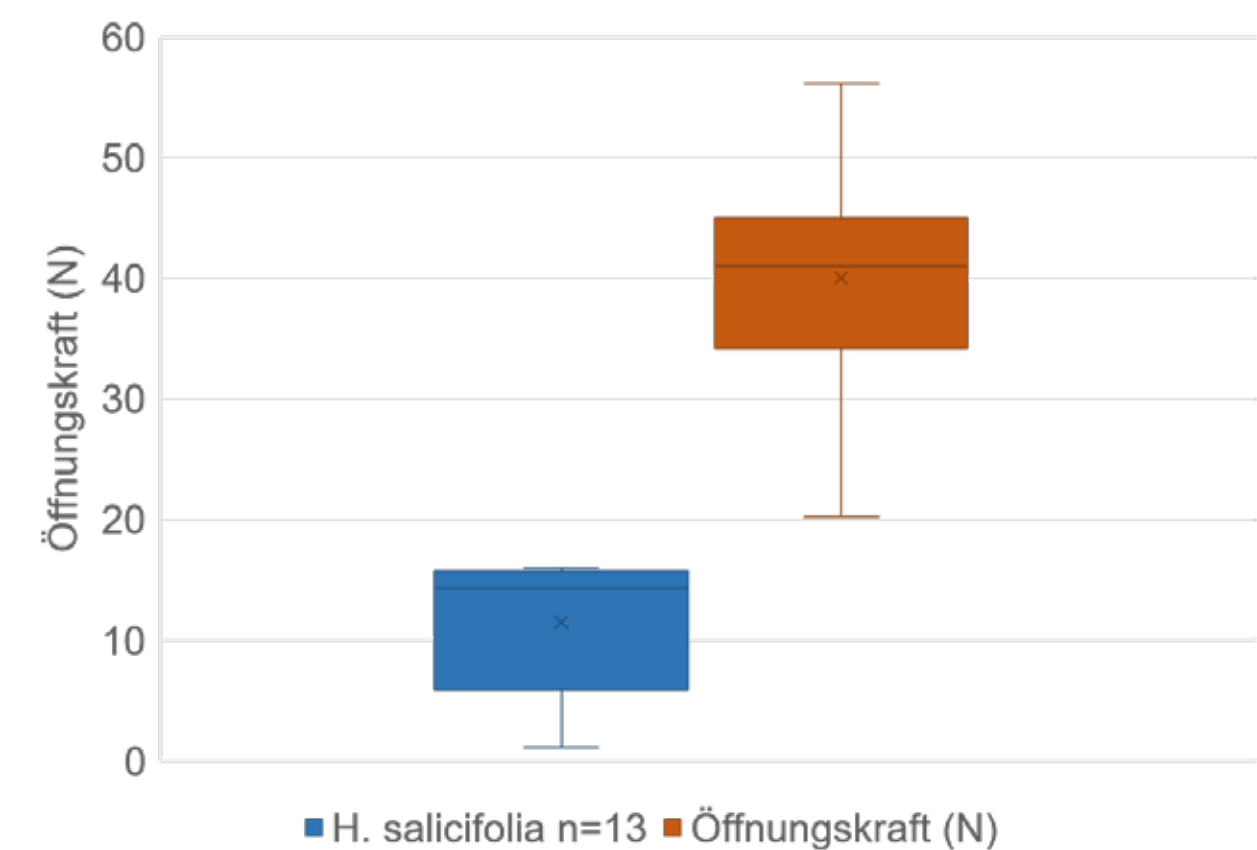
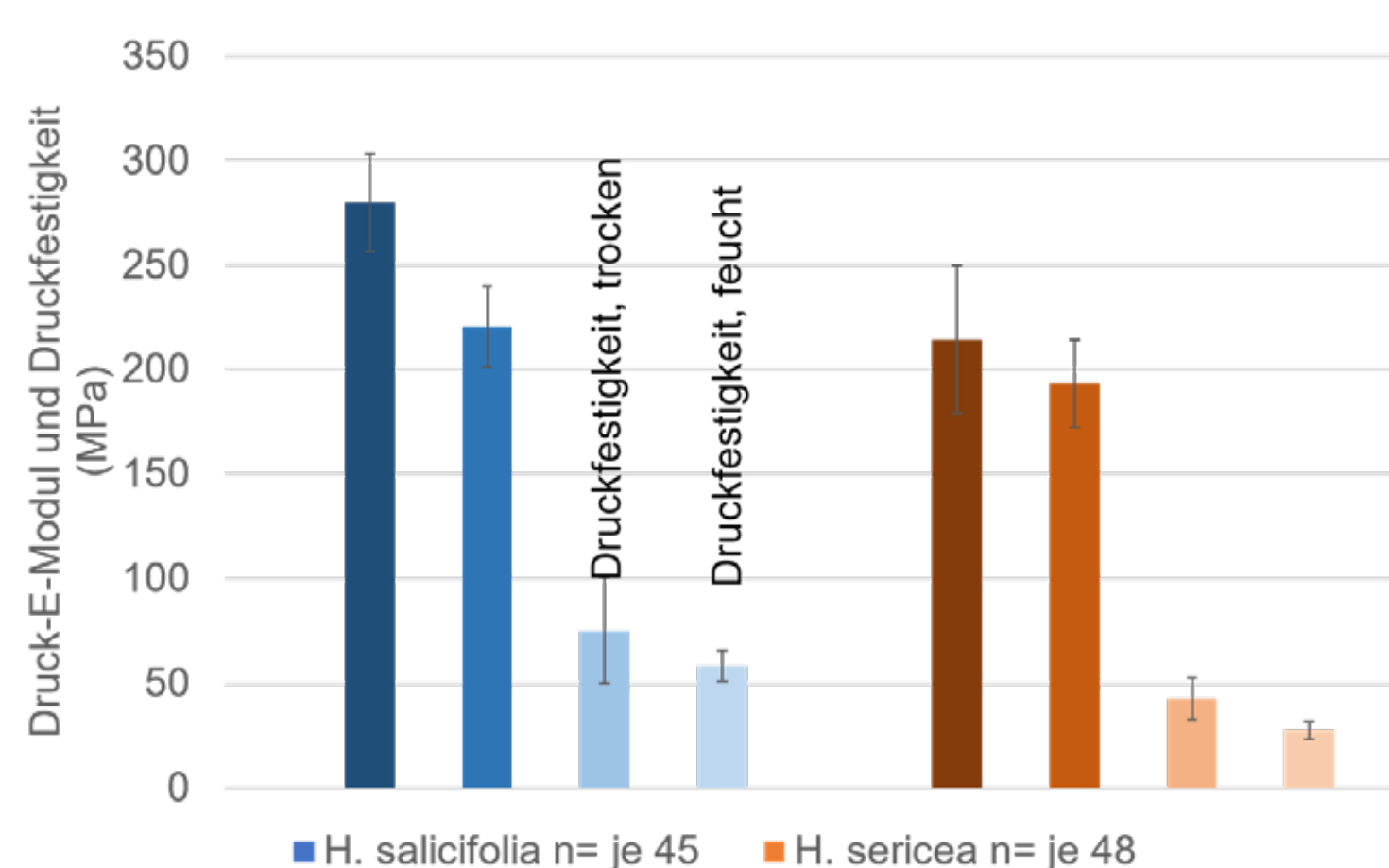


Abb. 5: Öffnungskräfte von *H. salicifolia* und *H. sericea* ^[5, 6]. Die Stichproben der beiden Arten sind signifikant verschieden (Mann-Whitney-U-Test, Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$)



E-Modul und Druckfestigkeit

Der Druck-Elastizitäts-Modul und die Druckfestigkeit sind für die Früchte der beiden Arten signifikant unterschiedlich und liegen für *H. salicifolia* höher als für *H. sericea*. Dabei werden für die Druckfestigkeit von *H. salicifolia* Werte von ca. 75 MPa gemessen, die im Bereich von Eichenholz liegen, während sie bei *H. sericea* mit ca. 40 MPa im Bereich von Fichtenholz liegen ^[4]. Erste Messungen zeigen, dass das Holz von *H. salicifolia* eine etwas höhere Dichte aufweist, als das von *H. sericea*.

Abb. 6: Druck-E-Modul und Druckfestigkeit von *H. salicifolia* ^[1] und *H. sericea*. Die Stichproben der beiden Arten sind in allen gezeigten Merkmalen signifikant verschieden (T-Test, Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$)

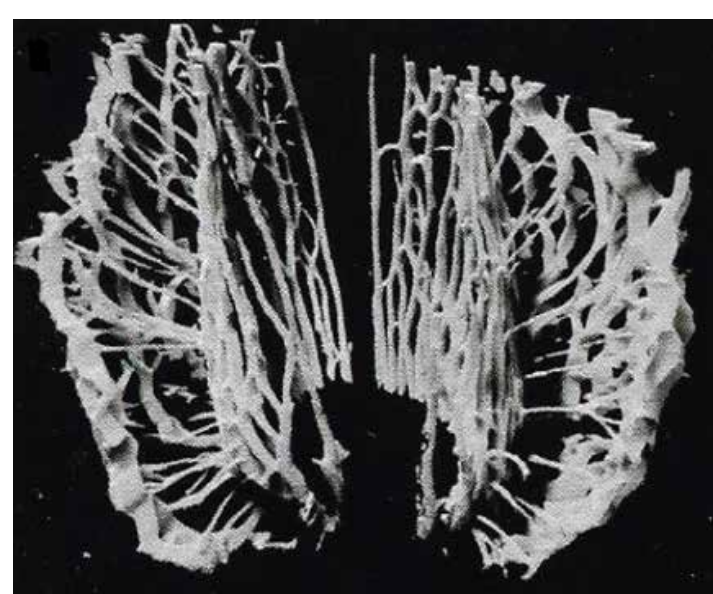


Abb. 7: Segmentiertes Leitbündelsystem von rekonstruierten μ CT-Aufnahmen von *H. salicifolia* ^[7]

Es ergibt sich ein Zusammenhang zwischen dem Maß der Anisotropie und der Öffnungskraft. μ CT-Aufnahmen der Früchte zeigen einen unterschiedlich strukturierten Aufbau, der die Unterschiede der gezeigten Merkmale zwischen den Arten erklären kann.

Diese Ergebnisse werden dazu beitragen, die zugrundeliegenden Prinzipien der Öffnungsbewegung für eine Übertragung in technische Anwendungen zu erfassen, um z. B. die innere Geometrie von Faserkunststoffverbunden zu konstruieren, die eine Bewegung von Leichtbauteilen generieren können.



Abb. 8: Segmentiertes Leitbündelsystem von rekonstruierten μ CT-Aufnahmen von *H. sericea* ^[7]

Quellen

- [1] Raffaella Frank, 2021, Bestimmung der Druckfestigkeit und des E-Moduls von Früchten der Art *Hakea salicifolia*. Projektarbeit
 [2] Jan Schmeing, 2018, Mechanische Untersuchungen zum Einfluss der unterschiedlichen Gewebe auf die Öffnung bei *Hakea sericea*. Projektarbeit
 [3] Lorinda Marie Herbers Igarza, 2020, Projektbericht über die Bestimmung des Schwindverhaltens der Früchte von *Hakea salicifolia*. Projektarbeit
 [4] Peter Niemz, 1993, Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe. Leinfelden-Echterdingen: DRW-Verlag
 [5] Lucas Gloxin, 2021, Untersuchung der mechanischen Kräfte des Öffnungsmechanismus von *Hakea salicifolia*. Projektarbeit

- [6] Darren Ajuzie, 2020, Mechanische Untersuchung der Kräfte, welche während der Öffnung von den Früchten der *Hakea sericea* auftreten. Projektarbeit
 [7] Matthias Fischer, Heike Beismann, 2022, 3D characterization of the complex vascular bundle system of *Hakea* fruits based on X-ray microtomography (μ CT) for a better understanding of the opening mechanism. *Flora*, 289, 152035. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2022.152035>

Untersuchung additiv gefertigter Modelle nach dem Vorbild sich öffnender verholzter Früchte der Gattung *Hakea*, zum Verständnis des Öffnungsmechanismus

Autoren: Matthias Fischer, Moses-Gereon Wullweber, Heike Beismann



Abb. 1: Geöffnete Frucht von *Hakea salicifolia*

Natürliches Vorbild

Trocknende Früchte der Gattung *Hakea* öffnen sich entlang zweier Sollbruchbereiche wodurch die Samen freigesetzt werden. Sollbruchstellen und selbstaktuierte Bewegungen spielen in vielen technischen Bauteilen eine wichtige Rolle, z. B. in Berstscheiben, Airbags, Elektrolytkondensatoren bzw. in Selbstverschlüssen, (Not-) Ventilen oder selbstverklebenden Baumaterialien.

Ursachen der Öffnung?

Aufgrund der geringen Größe der Früchte (1,5 bis 4 cm im Durchmesser) werden biomechanische Untersuchungen an Proben mit mehreren Gewebeteilen durchgeführt. Strukturelle Einflüsse der verschiedenen Gewebe auf die Anisotropie des mechanischen Verhaltens sollen deshalb an Modellen ermittelt werden. Auf Basis von μ CT-Scans der Früchte wird erwartet, dass die 3D-vernetzte und stark verholzte Leitbündelstruktur einen entscheidenden Einfluss auf die Anisotropie der Gesamtstruktur hat, und damit den Öffnungsmechanismus entscheidend beeinflusst.

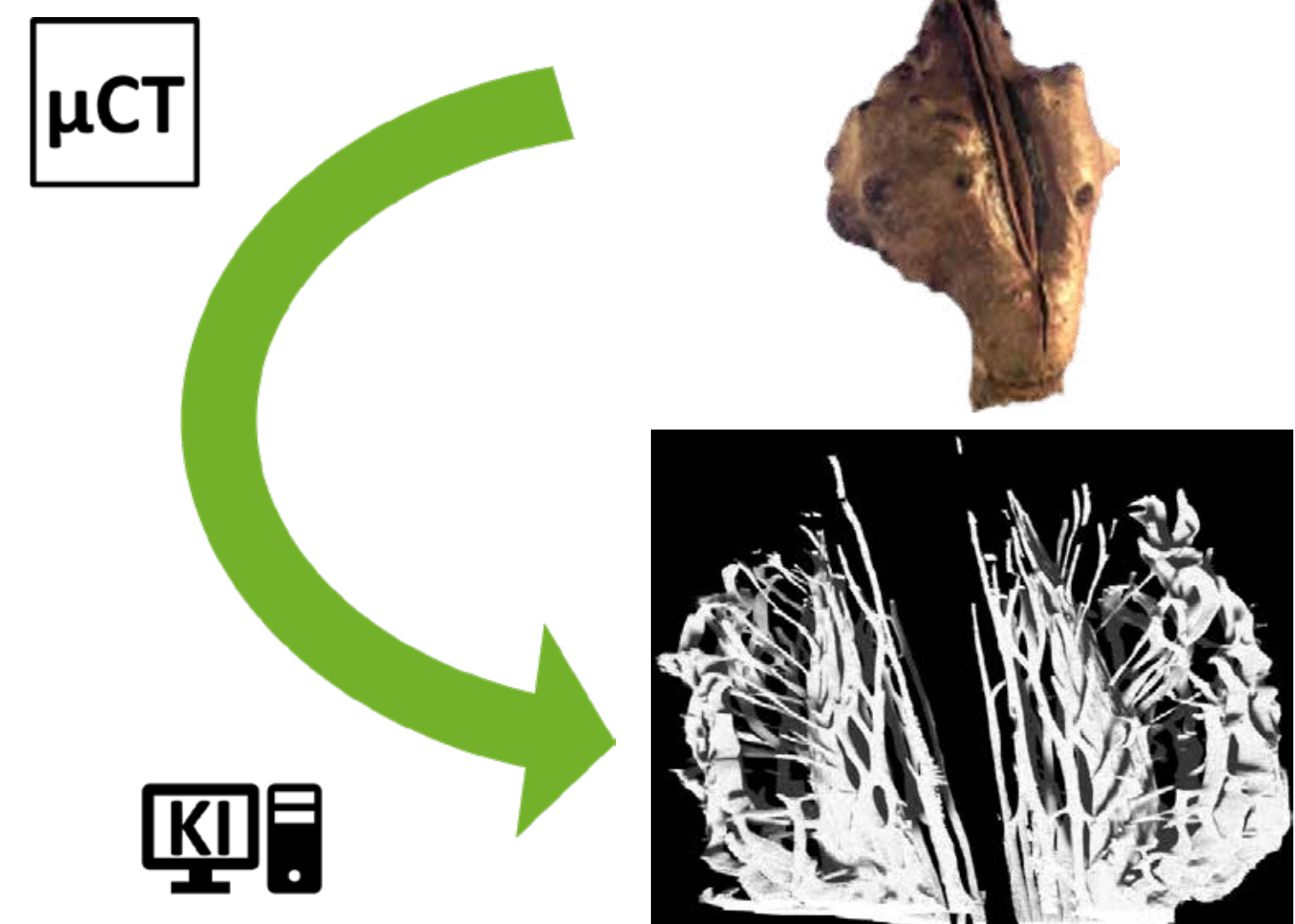


Abb. 2: Geschlossene Frucht von *H. salicifolia* und 3D-Rendering der Leitbündelstruktur nach KI-gestützter Segmentierung von μ CT-Aufnahmen.

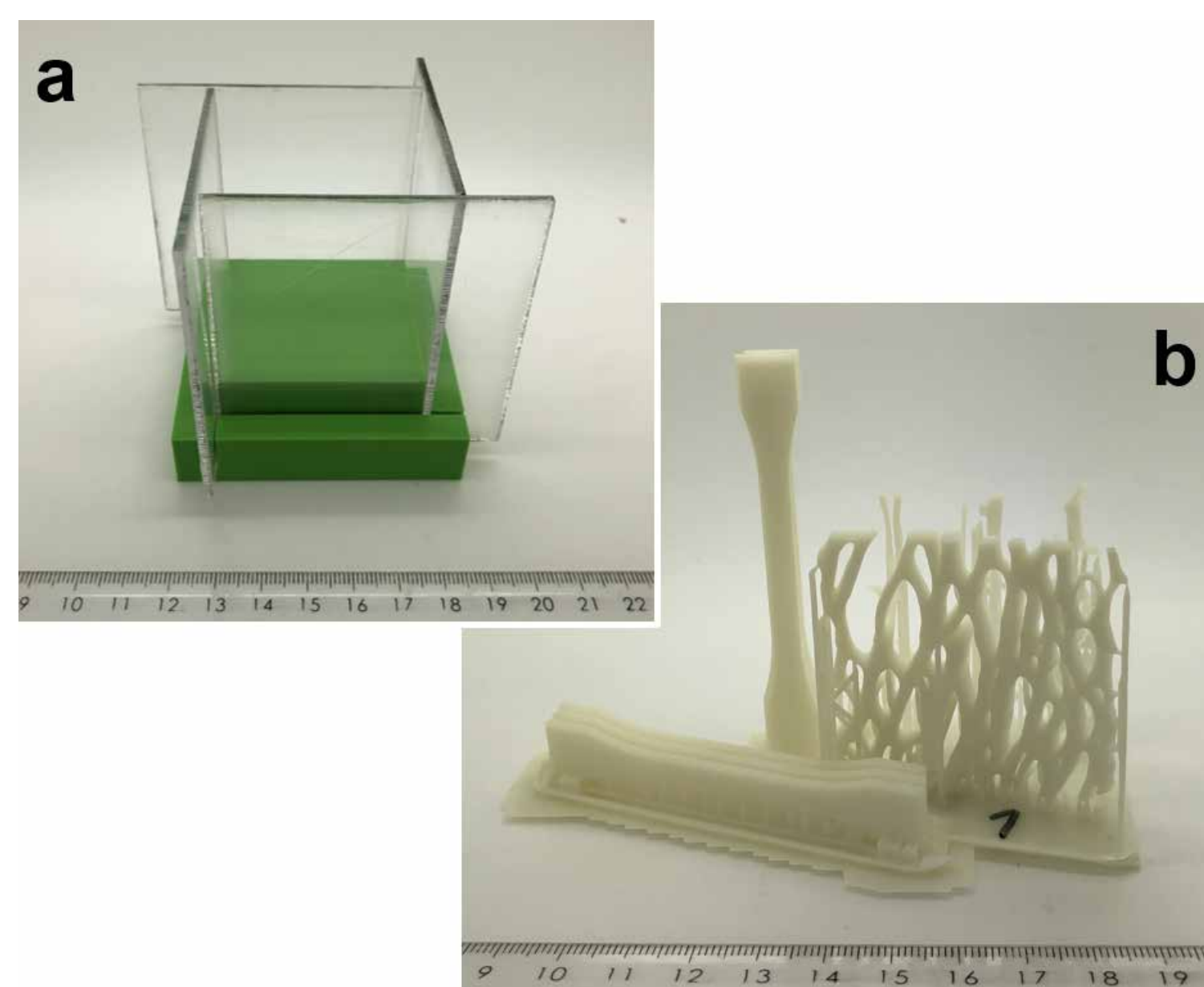


Abb. 3: a: Gussform zum Erstellen der würfelförmigen Prüfkörper
b: DLP-Druck der Leitbündelstruktur und der Probekörper nach DIN EN ISO 527 Typ 1BA.

Vorgehensweise

Auf Basis einer KI-gestützten Segmentierung von μ CT-Aufnahmen werden die einzelnen Gewebe in 3D-Modelle überführt [1]. Anschließend wird ihr Datenvolumen, durch Entfernung von Fehlzuordnungen und durch Glättung des Meshs, reduziert. Mit Hilfe der Modelle werden würfelförmige Prüfkörper der Kantenlänge 50 mm additiv gefertigt, welche einem um Faktor 10 vergrößerten Ausschnitt der Frucht entsprechen. Sie werden aus einem Fotopolymer (DLP-Druck) gefertigt und mit Silikon der Härte Shore A 18-20 umgossen. Fertigungsbedingte Materialeigenschaften des DLP-Drucks werden durch Zugstäbe normgerecht ermittelt [2]. Druckversuche mit den gesamten Prüfkörpern in verschiedenen Raumrichtungen geben Aufschluss über die Anisotropie. Die Ergebnisse werden mit Untersuchungen an würfelförmigen Proben der Früchte (Kantenlänge 5 mm) verglichen [3]. Dabei erhaltene Materialwerte sollen später in ein FE-Modell einfließen.

Quellen

- [1] Fischer, Matthias; Beismann, Heike (2022): 3D characterization of the complex vascular bundle system of *Hakea* fruits based on X-ray microtomography (μ CT) for a better understanding of the opening mechanism. In: *Flora* 289, S. 152035. DOI: 10.1016/j.flora.2022.152035.
- [2] DIN EN ISO 527 (2012): Kunststoffe - Bestimmung der Zugeigenschaften - Teil 2: Prüfbedingungen für Form- und Extrusionsmassen, Beuth Verlag GmbH
- [3] Stachalski, Artur; Martens, Phil; Beismann, Heike (2023): „Etwas Schwund ist immer“ Biomechanische Untersuchungen zum Öffnungsmechanismus von verholzten Früchten der Gattung *Hakea*. Posterbeitrag Bionik-Kongress 2023.

Von Ameisen gelernt: Odometrie für Laufroboter



Autoren: Alina Stock, Barbara Schlögl, Tobias Seidl

Nach dem Vorbild der egozentrischen Navigation der Wüstenameise wird mithilfe von flachen, vorwärtsgerichteten künstlichen neuronalen Netzen (KNN) aus den Motordaten der Beine eines hexapoden Laufroboters mit Dreibeingang der Steigungswinkel einer Versuchsrampe bestimmt. Ausgiebige Analysen belegen die grundsätzliche Machbarkeit der Integration von transienten Beinkräften zur Odo- und Inklinometrie [1].

Wüstenameise

In Abwesenheit von Landmarken nutzt die tunesische Wüstenameise *Cataglyphis fortis* (Abb. 1) bei ihrer Nahrungssuche egozentrische Vektornavigation. Während Richtungsinformationen über visuelle Erfassung von Polarisationsmustern erfolgt, resultiert die Integration von Steigung und Entfernung überwiegend aus kinästhetischen Informationen (Gelenkstellungen über Haarsinnesfelder und Kräfte über campaniforme Sensillen) in den Beinen [1, 2, 3].



Abb. 1: Wüstenameise *Cataglyphis fortis* bei der Nahrungssuche [2].

Roboter

Es werden mit einem hexapoden Laufroboter (Abb. 2) mehrere Läufe über 15 verschiedene Steigungen einer Versuchsrampe aufgenommen. Zusätzlich werden über die gleichen 15 Steigungswinkel Läufe simuliert, wobei Ausrichtung und Gewicht des Roboters zufällig abgeändert werden.

Sowohl bei der experimentellen Datenaufnahme als auch bei der Simulation werden stetig die Daten aus den internen Drehmomentsensoren der 18 Beinmotoren gespeichert.



Abb. 2: Laufender Roboter auf der Versuchsrampe.

Künstliche Neuronale Netze

Zur Auswertung der Daten werden flache vorwärtsgerichtete KNN mit bis zu 150 versteckten Neuronen trainiert. Die Konfiguration mit dem niedrigsten Root Mean Square Error (RMSE) wird anschließend voll austrainiert. Die voll austrainierten KNN werden bei den simulierten und realen Datensätzen anhand ihrer Performance und linearen Regression bewertet.

Ergebnisse

Die internen Drehmomente der drei Beinmotoren unterscheiden sich statistisch signifikant bei unterschiedlichen Neigungen der Versuchsrampe (Abb. 3). Es ist folglich möglich, anhand der Daten aus den Motoren im Roboterbein die verschiedenen Steigungen zu unterscheiden.

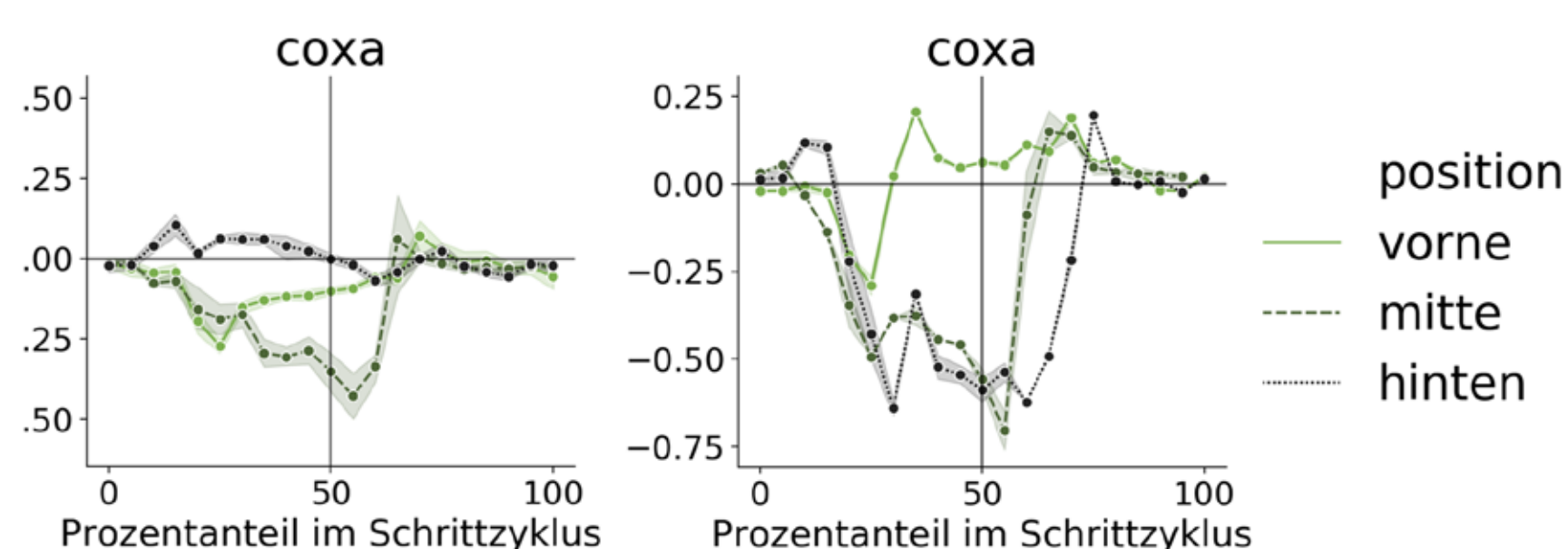


Abb. 3: Interner Drehmomentsensor des oberen Beingelenks (coxa) bei 0° (links) und 20° (rechts) Neigung der Rampe.

Die trainierten KNN sind in der Lage, den Neigungswinkel des Untergrunds anhand der idiothetischen Hinweise des Hexapods zu unterscheiden (Abb. 4). Dies ist möglich, da der RMSE kleiner ist als die Differenz der getesteten Neigungen. Die Korrelation kann unabhängig von wechselnden äußeren Einflüssen wie schwankendem Gewicht und wechselnden Ausrichtungen gezogen werden.

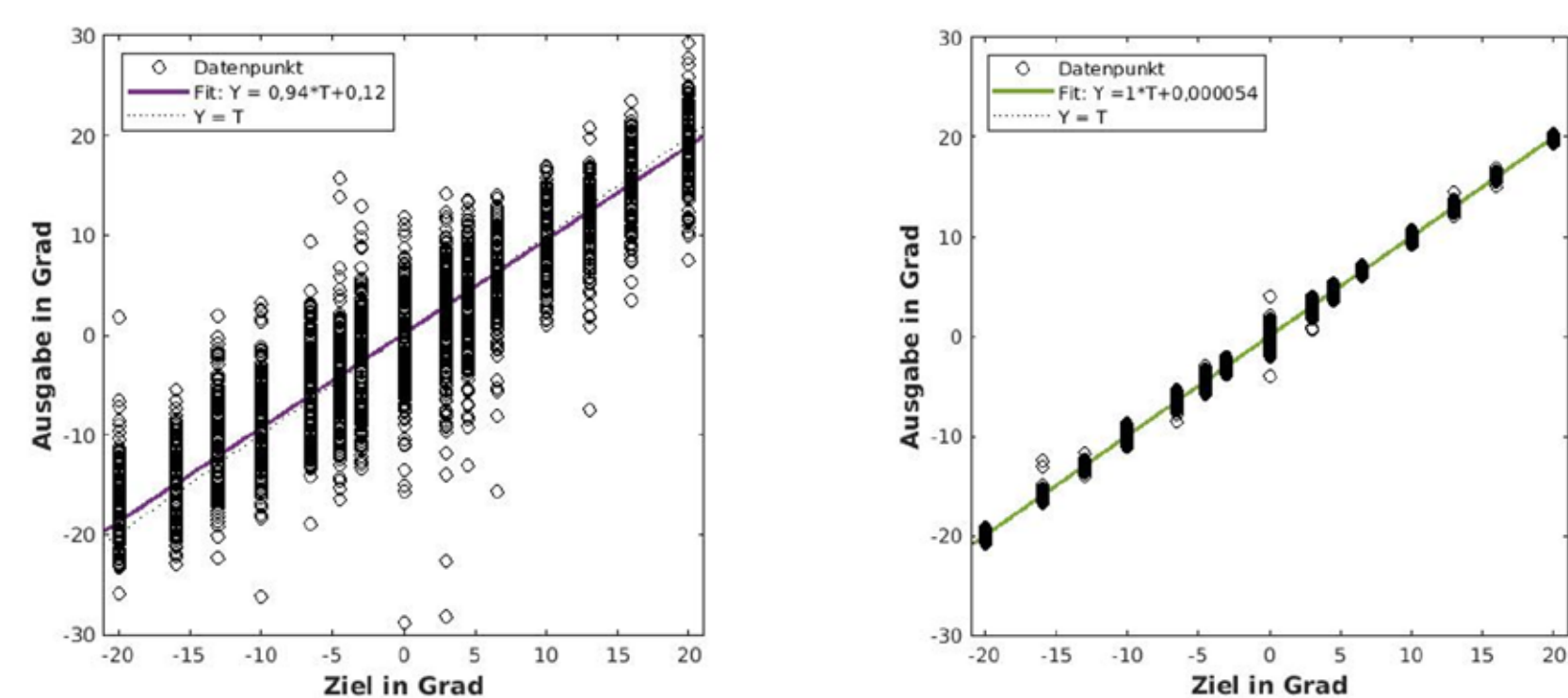


Abb. 4: Reaktion der vollständig trainierten KNN auf die reale (links) und simulierte (rechts) Umgebung.

Quellen

- [1] B. Schlögl. „Force based inclinometry for navigation in legged robots inspired by the desert ant *Cataglyphis spec.*“ Diss. Universität Duisburg-Essen, Mai 2021.
 [2] T. Seidl. „Insect navigation and path finding“ In: Acta Futura 3 (2009), S. 125– 130.
 [3] T. Seidl und R. Wehner. „Walking on inclines: how do desert ants monitor slope and step length“ In: Front Zool 5.8 (2008).

Kontakt

Prof. Dr. Tobias Seidl
 E-Mail: tobias.seidl@w-hs.de
 Tel.: +49 2871 2155-946
 Westfälisches Institut für Bionik
<https://www.bionik-institut.de/>

Westfälische Hochschule
 Standort Bocholt
 Münsterstr. 265
 46397 Bocholt
www.w-hs.de

Falten, Öffnen, Stabilisieren: Wie Bionik Satellitenbremssegel verbessern kann

Autoren: Nele Binder ¹, Leonard Hoffman ², Matthias Killian ², Daniel Stelzl ², Tobias Seidl ¹
¹ Westfälisches Institut für Bionik, Westfälische Hochschule, 46395 Bocholt; ² HPS GmbH, 81379 München

Mit Hilfe eines bionischen Ansatzes soll das Gewicht und Stauvolumen von Satellitenbremssegeln verbessert werden. Durch größere Segel, verstaut auf kleinerem Raum, sollen kürzere Deorbit-Zeiten möglich werden. Grundlegend sind die Funktionen eines Satellitenbremssegel in den Schutz eines gefalteten Segels, dessen Aufspannen und Stabilisierung einzuteilen. Analog zu diesen Funktionen werden drei biologische Vorbilder ausgewählt, dessen Abstraktion alternative technische Lösungen für Satellitenbremssegel darstellen. Anhand der Vorbilder werden eine Funktionsintegration und nachgiebige Mechanismen erarbeitet. Geometrische Modelle zeigen dabei die Möglichkeiten und Grenzen der bionischen Satellitenbremssegel auf.

Ohrwurmflügel

Labia minor

Wenn sie nicht gebraucht werden, sind die Flügel der Ohrwürmer unter dem Deckflügel gefaltet und verstaut. Das Faltmuster des Flügels zählt mit einem Flächenverhältnis von 1:18 zu den effizientesten aus der Natur bekannten (Abb. 1a-d). Eine differentielle Materialverteilung und bistabile Wirkmechanismen stabilisieren den geöffneten Flügel und verhindern ein ungewolltes Zusammenfallen. [1, 2]

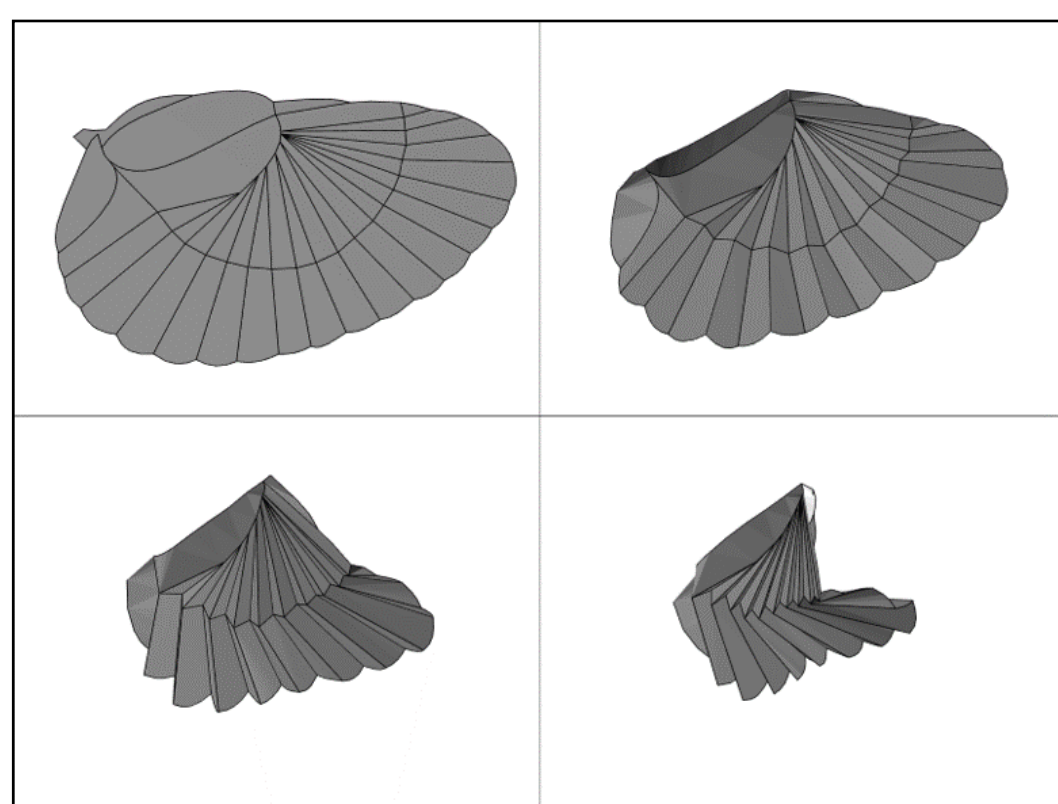


Abbildung 1a-d: Faltung des Ohrwurmflügels (Faltpattern erstellt nach [2], simuliert in Origami Simulator [3]).

Mondblume

Ipomoea alba

Die fünf s-förmigen Bänder zwischen den zusammengewachsenen Kronblättern bilden eine schützende Hülle der eingedrehten Knospe. Zellveränderungen in den Bändern erzeugen die benötigte Kraft zum Öffnen der Blüte. Die Bewegung erfolgt in zwei Schritten: der Entwindung der eingedrehten Bänder und dem Aufziehen des Kronblattes (Abb. 2a-d). [4, 5]

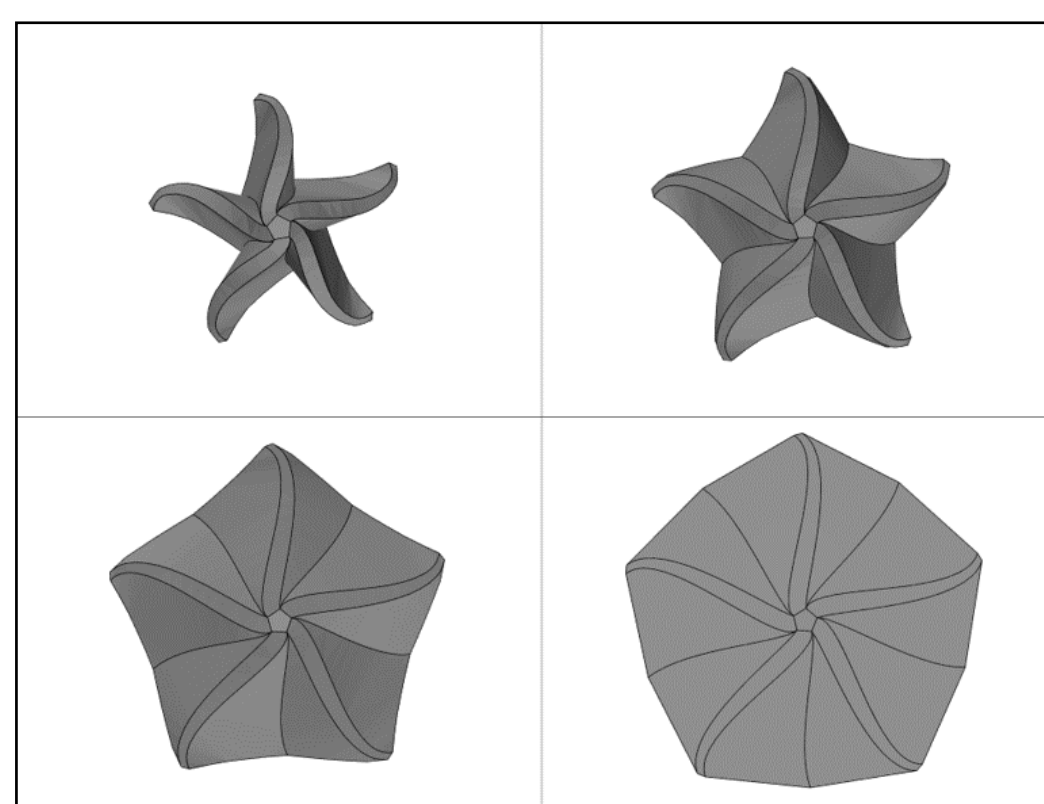


Abbildung 2a-d: Aufziehen der Prunkwinde (Faltpattern erstellt nach [4], simuliert in Origami Simulator [3]).

Flossenstrahlen

Osteichthyes

Die Flosse eines Knochenfisches ist eine elastische Membran, die zwischen fächerartig angeordneten und stabilisierenden Flossenstrahlen gespannt ist. Die Flossenstrahlen bestehen aus zwei laminaren Hälften (Hemitrichia), die über eine Kollagenfasermatrix verbunden sind. Diese Bauweise ermöglicht eine Verformung entgegengesetzt der Krafrichtung und stabilisiert so die Flosse. [6]

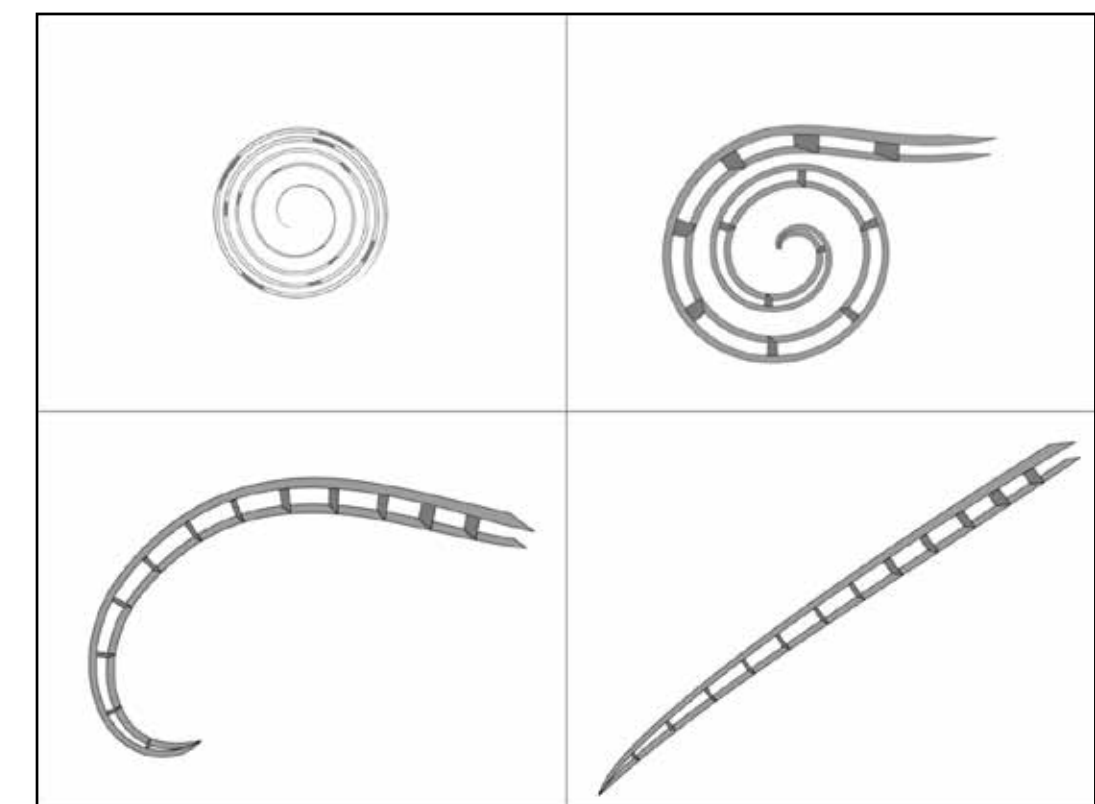


Abbildung 3a-d: Mögliche Funktionsweise eines Booms nach Vorbild der Flossenstrahlen.

Fazit

40 % des Stauraumes in dem bestehenden Subsystem, mit den Außenmaßen von 10 x 10 x 10 cm, werden nicht für das Segel verwendet, sondern für die öffnenden und stabilisierenden Strukturelemente. Die biologischen Vorbilder zeigen, wie diese Funktionen direkt in einer Membran integriert sind. Die nachgiebigen Mechanismen stellen geschickte Kombinationen aus Form und differentieller Materialanordnung dar, die für Satellitenbremssegel abstrahiert werden kann. Auf diese Weise kann der gesamte Stauraum für größere Segel genutzt werden.

Quellen

- [1] Deiters, J.; Kowalczyk, W.; Seidl, T. (2016): Simultaneous optimisation of earwig hindwings for flight and folding. In: *Biology open* 5 (5), S. 638–644. DOI: 10.1242/bio.016527.
 [2] Haas, F.; Gorb, S.; Wootton, R. (2000): Elastic joints in dermapteran hind wings: materials and wing folding. In: *Arthropod Structure & Development* 29 (2), S. 137–146. DOI: 10.1016/S1467-8039(00)00025-6.
 [3] Ghassaei, A.; Demaine, E. D.; Gershenfeld, N. (o. D.): *Origami Simulator*. Hg. v. The Center for Bits and Atoms (CBA). Massachusetts Institute of Technology. Online verfügbar unter <https://origamisimulator.org>
 [4] Schleicher, S. (2016): *Bio-inspired compliant mechanisms for architectural design*. Dissertation. Universität Stuttgart. Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen.
 [5] Phillips, H. L.; Kende, H. (1980): Structural changes in flowers of *Ipomoea tricolor* during flower opening and closing. In: *Protoplasma* 102 (3-4), S. 199–215. DOI: 10.1007/BF01279588.
 [6] Alben, S.; Madden, P. G.; Lauder, G. V. (2007): The mechanics of active fin-shape control in ray-finned fishes. In: *Journal of the Royal Society, Interface* 4 (13), S. 243–256. DOI: 10.1098/rsif.2006.0181.

Strukturanalyse mittels Röntgenstrahlung

Autoren: Oliver Hagedorn

Der PXR CT-Compact 130 Röntgenschränk (ProCon x-ray GmbH) ist eine geschlossene Röntgenröhre mit Mikro-Fokustrahler zur Aufnahme von Radiographien und tomographischen Bildserien mit angeschlossener 3D-Rekonstruktionssoftware.

Es können neben Kunststoffen und Keramiken auch stärker absorbierende Materialien wie Metalle mit hoher Visualisierungsqualität geprüft werden.

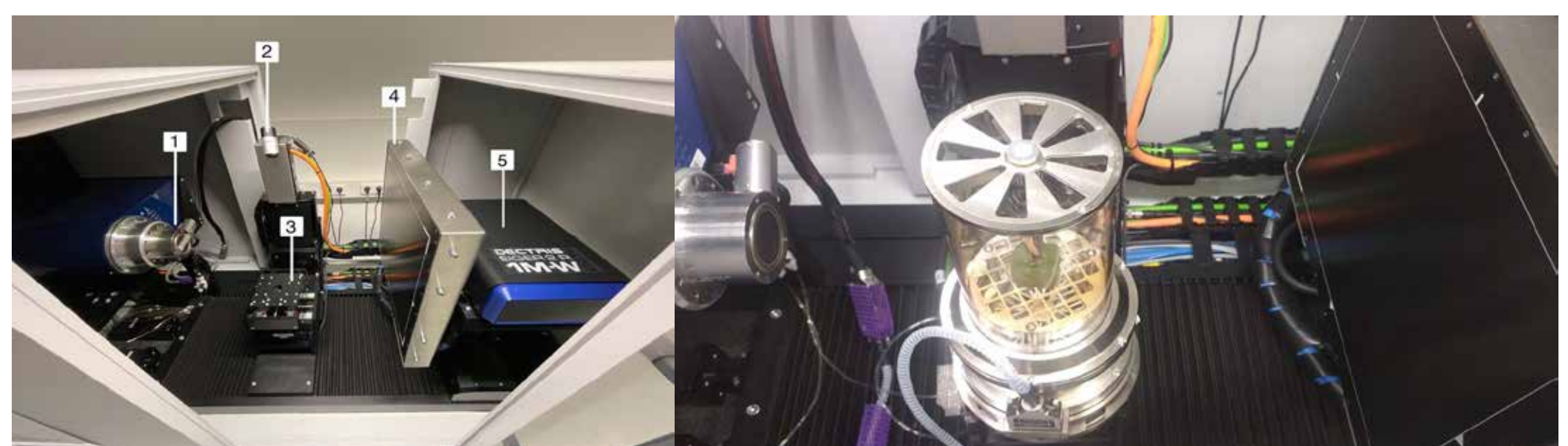
Die zerstörungsfreie Prüfung in 2D und 3D ist geeignet für Materialuntersuchungen, dimensionelles Messen, vor allem bei internen Strukturen, Hinterschnitten und Freiformflächen.



PXR CT-Compact 130 Röntgenschränk (ProCon x-ray GmbH)

Kenndaten

Röhrenspannung 40 - 130 kV
Strombelastbarkeit 10 – 300 μ A
Max. Leistung 39 W
Min. Fokus-Objekt-Abstand 13 mm
Max. Auflösung < 3 μ m
Max. Probengröße: \varnothing 100 mm

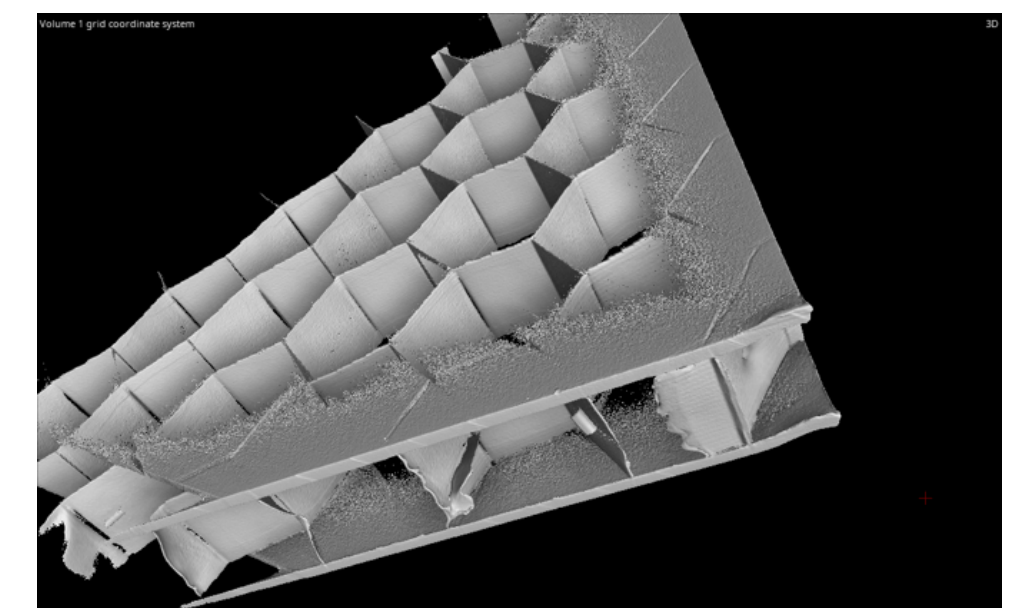
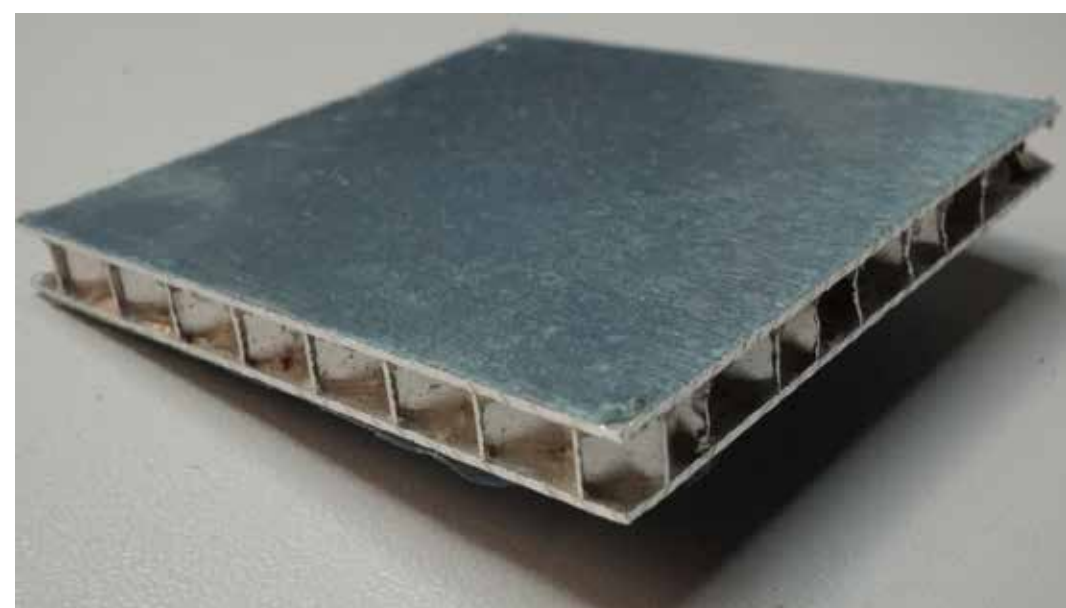


Aufbau des μ CTs (links): 1: Röntgenröhre, 2: Kamera, 3: Kreuztisch, 4: Detektor Varex (Flächendetektor), 5: Detektor Dectris (Photonen zählender Detektor) – Klimakammer (rechts): Temperaturbereich: 0 – 100°C

Anwendungsbeispiele

Fertigung

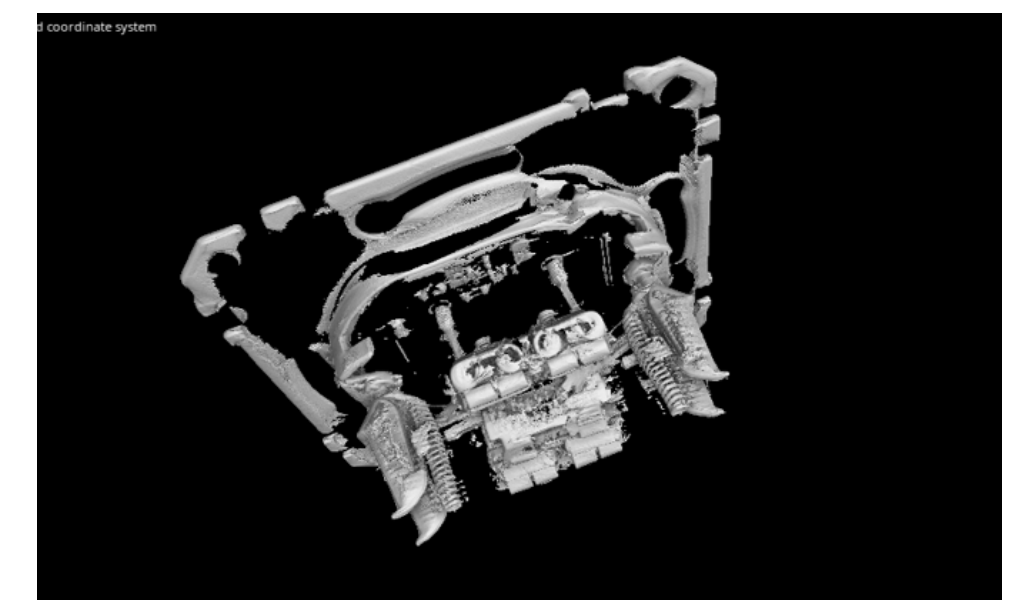
Überprüfung interner Strukturen,
Detektion von Fehlern



Alu-Sandwichstruktur mit hexagonalen Stützstrukturen

Elektronik

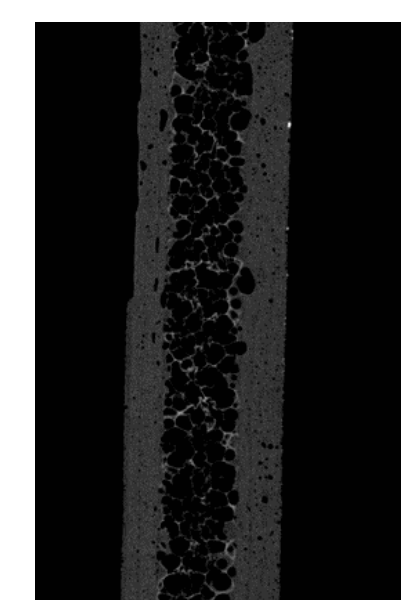
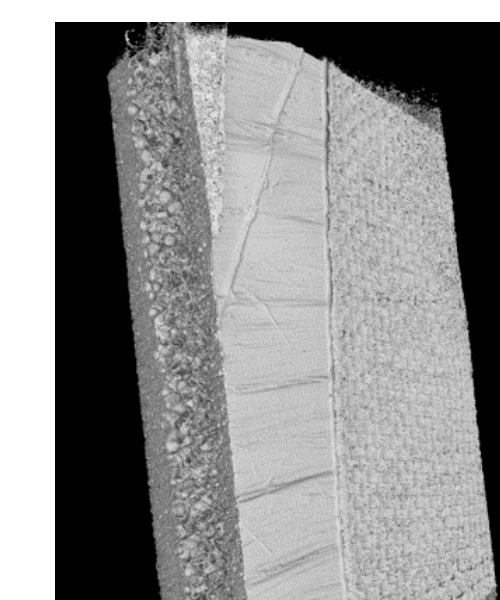
Visualisierung verborgener Strukturen in Bauteilen



Automobil-Ladeschalter

Materialwissenschaften

Virtueller Querschnitt durch ein
CFK-Verbundmaterial

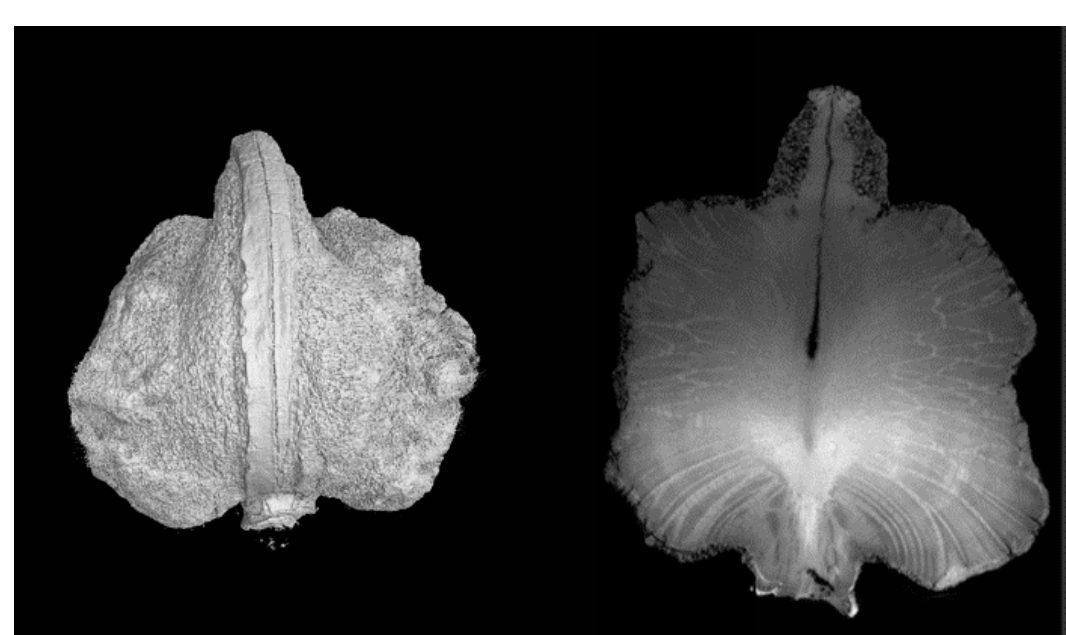


CFK Verbundmaterial mit Schaumkern, gebrochene Zugprobe

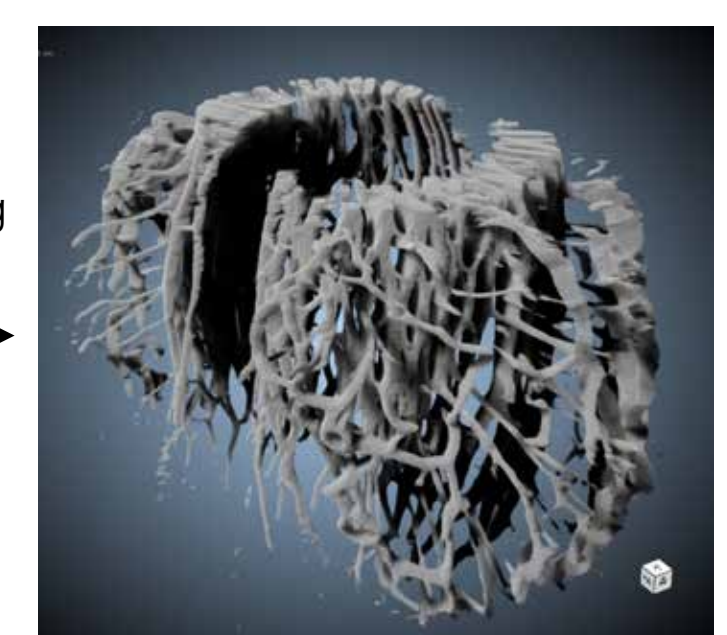
Längsschnitt

Biowissenschaften

Hohe Kontrastauflösung mit dem
Dectris-Detektor,
Segmentierung einzelner Strukturen



Segmentierung
mittels KI



Geschlossene Frucht von *Hakea sericea*

Leitbündelsystem

Kontakt

Prof. Dr. Heike Beismann
Münsterstr. 265
46397 Bocholt
E-Mail: heike.beismann@w-hs.de

Dipl.-Biol. Oliver Hagedorn
Münsterstr. 265
46397 Bocholt
E-Mail: oliver.hagedorn@w-hs.de