

Silcularity

vitalizing silk layers

kim cordes

In der Residency "*Living Layers*" arbeite ich als angehender Textildesigner gemeinsam mit Wissenschaftlern in einem Biolabor. Am Anfang war es wichtig eine gemeinsame Sprache zu finden und Grundlagen der Laborarbeit zu erlernen. Trotz der für mich ungewohnt analytischen und repetitiven Bearbeitung von Protokollen und Papern habe ich parallel dazu versucht, meine Erfahrungen und Prozesse in einen ästhetischen Kontext zu setzen. Das Thema der lebendigen Textur (*living layer*), die Auseinandersetzung mit dem Electrospinnen und der Materialentwicklung boten genügend Anreize in diesem Feld zu recherchieren, zu entwickeln und zu gestalten.

Thematisch bin ich meiner Fachrichtung treu geblieben und habe mich für das Material der Seide, genauer dem Fibroin entschieden. Als natürliche Proteinfaser ist Seide im Textil seit jeher bekannt für die edlen, belastbaren und glänzenden Fasern. Mittlerweile wird Seide wegen ihrer antiseptischen Eigenschaften in der Medizin zunehmend eingesetzt. Die hier zugrunde liegenden Protokolle kommen meist aus diesem Bereich der Seidenverarbeitung, da dabei insbesondere mit Electrospinning gearbeitet wird. Es handelt sich um ein generatives Verfahren, bei dem eine Lösung zunächst elektrifiziert und anschließend zu Nanofasern versponnen wird. Neben der Bombyx mori Seide kann mittlerweile artifizielle Spinnenseide hergestellt werden, die zukünftig zunehmende Relevanz erfahren wird. Gerade als natürliche Alternative zu erdölbasierten Fasern liegt viel Potenzial in diesem Material.

Fibroine können aus Kokons, Textilresten oder artifiziellen Verfahren gewonnen werden. Um diese für das Electrospinning vorzubereiten, ist es zunächst notwendig sie aufzulösen. Wir konnten hierzu zwei Lösemittel entwickeln, die sich vor allem durch ihre gute Umweltverträglichkeit auszeichnen. Besonders hervorzuheben ist, dass bei Mischgeweben lediglich die Fibroine gelöst werden, Woll-, Zellulose- und Erdölfasern hingegen nicht.

BioLab Residency

Die Aushärtung der Fibroinlösung kann sowohl durch Verdunstungen, als auch durch Elektrospinning erreicht werden. So kann die gelöste Seide erneut zu Fasern und Flächen verarbeitet werden. Die Seide behält trotz Herauslösung ihre Färbung. Wie die weiteren Anwendungsbereiche der gelösten und gehärteten Fasern ausgestaltet werden können bedarf noch weiterer Untersuchung.

Im Produktzyklus der Seide können diese Löse- und Aushärtungsverfahren als weitere Ebenen ergänzt werden. Die Seiden können so länger im Materialkreislauf verbleiben.

A microscopic view of a plant tissue section, likely a stem or root, showing various layers of cells. The tissue is stained, highlighting different cellular structures. The layers are arranged in a somewhat radial pattern, with some cells appearing larger and more distinct than others. The overall appearance is that of a complex, multi-layered biological structure.

Living Layers

Living Layers

Das Projekt "living layers" ist im Wintersemester 2021/22 als Residency im BioLab der Hochschule gestartet. Hierbei arbeiten zwei Studierende eng mit den Wissenschaftlern des BioLabs zusammen. Das BioLab ist ein seit 2020 gegründetes biotechnologisches Labor der Kunsthochschule Burg Giebichenstein in Halle/Saale. Gemeinsam mit dem SustainLab für Nachhaltigkeit sowie dem X-Lab für künstliche Intelligenz und Robotik bieten diese Einrichtungen die Möglichkeit sich forschend und entwerfend mit material-technologischen Fragen auseinander zu setzen und Gestaltungsformen für die Zukunft zu entwickeln.

Wie sieht ein lebendiges Material aus? Wie lassen sich dessen Mikrolebensräume gestalten? Welchen Handlungsspielraum geben wir dem Lebendigen? Gestaltet es selber mit? Was wäre, wenn Materialien zu symbiotischen Partner*innen werden? Was bedeutet ihre Vergänglichkeit für Materialkreisläufe?

Gestalterisch-forschend werden im Projekt lebendige Mikroorganismen in Materialien, Membranen und textile Flächen eingebettet. Durch die experimentelle Verknüpfung von textilen Technologien – dem herkömmlichen Siebdruck, Beschichtungen oder der Färberei – und speziellen Verfahren des Electrospinnings zur Herstellung von Nanofasern untersucht das Projekt Living Layers die Potenziale, die aus den symbiotischen (Schicht-)Systemen hervorgehen – und auch die Konflikte, die in mikrobiell aktiven Oberflächen und Schichten stecken.

Welche Rolle können eingebettete Mikroorganismen spielen? Lassen sie das Material überhaupt erst entstehen und wächst es nach Bedarf weiter? Verändern sie Struktur, Festigkeit, Form, Aussehen, Farbe? Interagieren sie mit der Umgebung?

Für die Studierenden ist die Aufgabe durch die explorative Verwendung textiler Technologien lebende Mikroorganismen in textile Flächengebilde zu integrieren und so lebendige Materialien, Oberflächen und Strukturen mit völlig neuen Eigenschaften zu gestalten. Grundlage können die bereits gewonnenen Erkenntnissen der letzten Residencies und der BioLab-Forschung darstellen. Die daraus resultierenden Fragestellungen und Ideen im Umgang mit Lebendigem in Experimenten, möglichen Anwendungen und Szenarien sind final darzustellen. Dabei soll das Projekt und die Versuche im BioLab konstant dokumentiert und für andere Studierende als Workshop und/oder Dokumentation zugänglich gemacht werden. Schließlich sollen ethische Fragen und weitere Erfahrungen in Form eines Essays veröffentlicht werden.

Das Projekt ist Teil des Forschungskomplexes „Symbiotic Subjects – Beneficiary Relations and Interactions“, in dessen Mittelpunkt die Erforschung und Gestaltung von symbiotischen Systemen und des damit verbundenen Mensch-Natur-Verhältnisses steht. Die Residency wird von Prof. Mareike Gast und Prof. Bettina Göttke-Krogmann betreut und von Johann Bauerfeind, Falko Matthes und Fabian Hütter (BioLab) unterstützt.

Der menschliche Raubbau an der Ressource Natur und des damit eingeleiteten Anthropozäns liefert eine zunehmende Dringlichkeit zur Transformation. Die Erforschung von Symbiosen kann hierbei dem Menschen zu größerer Resilienz gegen das selbst geschaffene Zeitalter verhelfen.

Layers, Schichten, Strukturen, Gewebe, Membranen und Flächen sind hierbei für die Biotechnologie und die Textildesignung wichtige Begriffe. Die Erforschung von Symbiosen erfordert auch Symbiosen in der Forschung, durch interdisziplinäre Verknüpfungen. Mit der Brille der Textildesignung will ich in explorativen Verfahren, Material und Lebendiges auf ihre symbiotischen Fähigkeiten untersuchen. Annähernd symbiotische Prozesse sind für Textilien nichts Neues: So ist schon lange bekannt wie Proteinfasern mit Pflanzen gefärbt werden können. Leder wird mit Ammoniak gegerbt und haltbar gemacht oder Wachs weist in Verbindung mit Baumwollgewebe Wasser ab. All diese so entstandenen Gewebe helfen dem Menschen in seiner Umwelt, mit und in der Natur zu Leben.

In Anlehnung an diese historischen Verfahren möchte ich einen Schwerpunkt auf die Auseinandersetzung mit Proteinfasern legen. Bei ersten Recherchen zu natürlichen Materialien zum Electrospinning fiel mir Fibroin auf. Fibroine sind Proteine und kommen in Seide und Spinnenseide vor. So wurde mittels biotechnologischer Verfahren Spinnenseide in Hefekulturen generiert. Für mich stellt diese Faser eine perfekte Ausgangslage zur Exploration von weiteren symbiotischen Eigenschaften dar. So ist diese Faser ähnlich den erdölbasierten Fasern generativ und dennoch biologisch zersetzbar. Im Vergleich zu Zellulose ist sie deutlich einfacher zu färben. Gleichzeitig ist sie im Vergleich zu Keflorgewebe deutlich resistenter. Schließlich ist artifizielle Spinnenseide bislang nur wenig erforscht.

Während der Residency soll der Kontakt zu "AMSilk", einem deutschen Hersteller von Spinnenseide hergestellt werden, um weitere Prototypen von industriell hergestellter Spinnenseide

Seiden als historisch wie hochmoderne Faser zeigt sich seit jeher für ihre Stabilität, Natürlichkeit und dem edlen Glanz aus. Wie können aus diesen Fibroinen im Biolabor weitere Ebenen der Gestaltung entstehen?

zu untersuchen. Bis ein solcher Kontakt zu Stande kommt soll mit der herkömmlichen "Bombyx mori" Seide gearbeitet werden, da diese Faser ähnliche Eigenschaften aufweist und deutlich stärker erforscht ist. So finden sich im Großteil der wis-

senschaftlichen Artikeln zum Electrospinning Referenzen auf herkömmliche Seide. Zudem ist Seide eine mir vertraute Faser, die historisch wie aktuell durch ihre Stabilität, dem Glanz sowie natürlicher Materialeigenschaft heraussticht.

Mir geht es hierbei nicht um die eigentliche Herstellung von Seide, sondern vor allem darum, mit der Seide als Ausgangsmaterial umzugehen. So soll mithilfe der Electrospinning-Technik erforscht werden, zu welchen Oberflächen, Strukturen und Membranen Fibroine verarbeitet werden können. Welche Materialeigenschaften können erzielt werden? Können Fibroine als humides Trägermaterial für Bakterien genutzt werden? Mit welchen anderen Materialien lässt sich Spinnenseide kombinieren? Lässt sich Spinnenseide pflanzlich färben? Können Produktionsreste verwertet werden? Eignet sich Spinnenseide als wasserabweisendes Coating? Welche Struktur kann das Material annehmen?

Um diesen Fragen näher zu kommen halte ich den Prozess aus Experimenten und Beobachtung in Form von Protokollen fest. Innerhalb eines halben Jahr soll eine Dokumentation entstehen die diverse Gestalten von Seide zeigt, von der Auflösung in flüssigen Zustand bis hin zur Re-Materialisierung als neue Fasern.



Laborarbeit

Zu Beginn der Residency stand zunächst eine Einführung in Laborarbeit. Auch wenn wir aus der Farbküche der textilen Werkstatt bereits an die Rezepturen zum Anmischen von Farben gewöhnt sind, so sind in einem Biolabor doch etwas mehr Apparaturen und Verfahren zu beachten. Neben der Sicherheitseinweisung ist mir die Terminologie aufgefallen, die sich doch von meiner Alltagssprache stark unterscheidet. Das führte nicht selten zu Missverständnissen mit den Labormitarbeitenden und sogar zu dem ein oder anderen gescheiterten Versuch.

Ein präzises Beispiel ist der im Laborkontext sehr wichtige Begriff "Protokoll". Im allgemeinen Sprachgebrauch wird bei der Anmischung verschiedenster Substanzen und Ingredienzien eher der Begriff "Rezept" benutzt. In Alltagsszenen von Laborarbeit zu berichten kommt selten ohne eine Erklärung des Begriffs des Versuchsprotokolls aus, während einen Biologen ein "Rezept" eher an das nächste Mittagessen erinnert. In einem Labor sind Protokolle ein essentielles Format, in dem Substanzen und Verfahren festgehalten werden.



↑ Blick ins BioLab



↑ Einblicke in die Arbeit im Biolab



Die Wissensgrundlagen zu erlernen, die es der gestaltenden Person überhaupt erst ermöglicht macht im Labor zu arbeiten, erfordert viel Zeit, Motivation und Lernbereitschaft.

In einem Protokoll wird sehr exakt beschrieben welche Substanzen bei einem Experiment benutzt werden, deren Konzentrationen, Mischverhältnisse

und auch woher diese Daten bezogen wurden. Es werden die notwendigen Geräte und Verfahren erwähnt und – soweit relevant – Umgebungsbedingungen wie Luftfeuchtigkeit und Raumtemperatur. In den Naturwissenschaften sind Protokolle obligatorische Voraussetzung für die Reproduzierbarkeit von Ergebnissen. Um einen Versuch wiederholen zu können ist also eine exakte Beschreibung notwendig, die den Kern des Protokolls bildet.

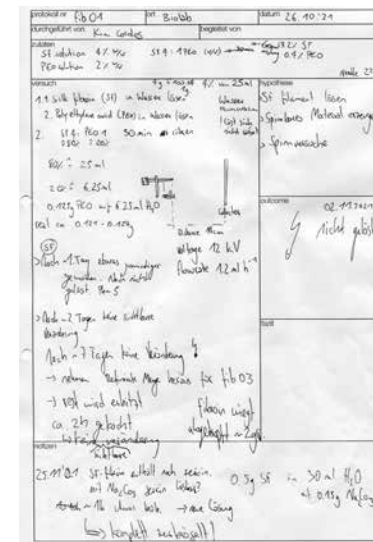
Diese Wissens- und Methodengrundlagen zu erlernen, die es der gestaltenden Person überhaupt erst ermöglicht im Labor

protokoll nr	ort	datum
durchgeführt von	begleitet von	
zutaten		
versuch		hypothese
		outcome
		fazit
		notizen

zu arbeiten, erfordert enorm viel Zeit. Demgegenüber muss dem gestalterisch- ästhetischem Anspruch etwas inhaltliches (produkthaftes) zu kreieren stark zurückgestellt werden.

Die eigenen ästhetischen Vorstellungen müssen im Laborkontext zunächst in eine neuen Sprache übertragen werden um im Prozess aus mehreren fachlichen Perspektiven neue Formen und Ansätze zu schöpfen. Dieser Prozesscharakter wurde für diese Residency zum zentralen Thema. Es galt, den Prozess als solchen zu veranschaulichen und ästhetisch aufzubereiten.

Die Mittel der Fotografie und Mikroskopie werden vor allem gestalterisch eingesetzt. Mithilfe eines von uns angelegten Logsheets sollen Experimente visuell wie wissenschaftlich festgehalten werden. Dieses Logsheet dient neben Dokumentationszwecken (Versuchsaufbau, Zutaten, Abläufe, Beobachtungen, Hypothese, etc.) auch dazu Abläufe zu routinieren und Raum für Gestaltungen in den Laborprozess einzubinden.



protokoll nr SPIN 14.1	ort BIO LAB	datum 26.01.22	
durchgeführt von Kim Cordes	begleitet von Falko Matthes		
zutaten Lösung von Spin 10 Lösung von Spin fib 13 + 40% PEO Electrospinningsetup			
versuch flow: 1.5 Nedle: 206 I Distance ~ 10cm kV ~ 27 dann 24 Kollektor mit Streife + Seite II omogenes SF (4.5%) ↳ 6.6g SF 4.5% + 4.4g PEO 40% Distance: 11cm kV: 19 Nedle: 206 flow: 1 ml/h	hypothese beobachte vor SF + PEO Lösung auf Musterkollektor spinnen, um Muster zu generieren. Zweite Lösung farbige SF + PEO-Lösung „davor“ spinnen Zunächst vor Collector zu Nah. Spinnt meist daneben gehen mitte gar nicht	outcome Sei dergewisse Musterhaft bespannen. Zweite Lage omogenes Lösung partiell/radial über erstes Ergebnis gespannt	notizen Unklar warum manche Teile des Kollektors besonders viel andere weniger Spinat abbekommen haben.
	Dauer ~ 2h		
	Dauer ~ 4h		

protokoll nr SPIN 13	ort BIO LAB	datum 24.01.22	
durchgeführt von Kim C.	begleitet von Falko M.		
zutaten Lösung von SPIN 10			
versuch Flow 0.7 206 Needle I. Bifurk. Kollektor mit Alodiariefolie, Spinn fliegen im Raum herum aber legen sich nicht großflächig um den Kollektor / folie II. Bifurk. Kollektor vor Kollektorkaplatk gelegt zu viel Strom benötigt! III. Bifurk. Kollektor + beuche ohne folie	hypothese Kollektor als Mustergeber? Spinning auf Seiten / Plastik.	outcome Stark verdichtete Ergebnisse an Kreuzpunkt des Kollektor-jitters. Must	notizen
Distance ~ 10cm Nedle ~ 206 kV ~ 22 flow 0.7 ml/h	Beginn: 11:30 ~ 16:30 25.01.: 10h 11h 11h 1.0 - 23kV		

Nicht nur das Protokoll wurde bei der Laborarbeit zunehmend. Bei den Experimenten und Versuchen habe ich neben Geräten wie der Feinwaage, Kochtopf und Magnetrührer, vor allem mit der Zentrifuge, dem Dialyseschlauch, Inkubationsschüttler und Electrospinner gearbeitet. Das Verfahren des Electrospinnings möchte ich etwas genauer beleuchten, da es für die folgenden Ausführungen hilfreich ist es grundsätzlich zu verstehen.

Unter Electrospinning versteht man das Herstellen von endlosen Nanofasern aus Lösungen durch den Einsatz eines starken elektrischen Feldes, wobei die Fasern nicht nur auf polymerer (natürlicher und synthetischer), sondern auch auf anorganischer, metallischer und keramischer Basis beruhen können. Kurz: Eine Flüssigkeit wird mit elektrischer Ladung aufgeladen und auf einen Gegenpol geschossen.



↑ Electrospinning im BioLab

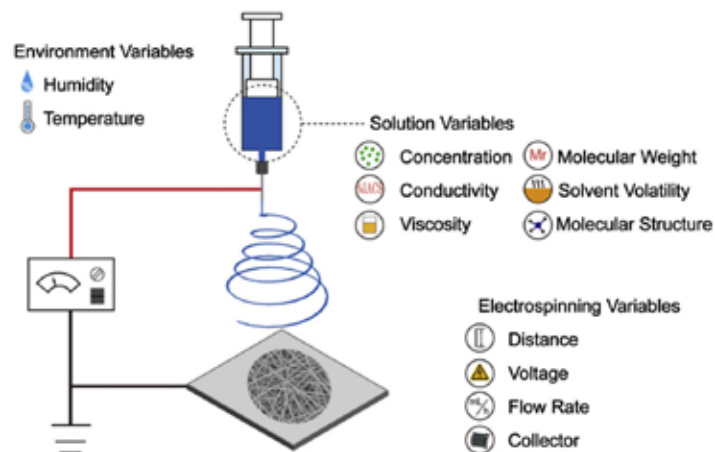
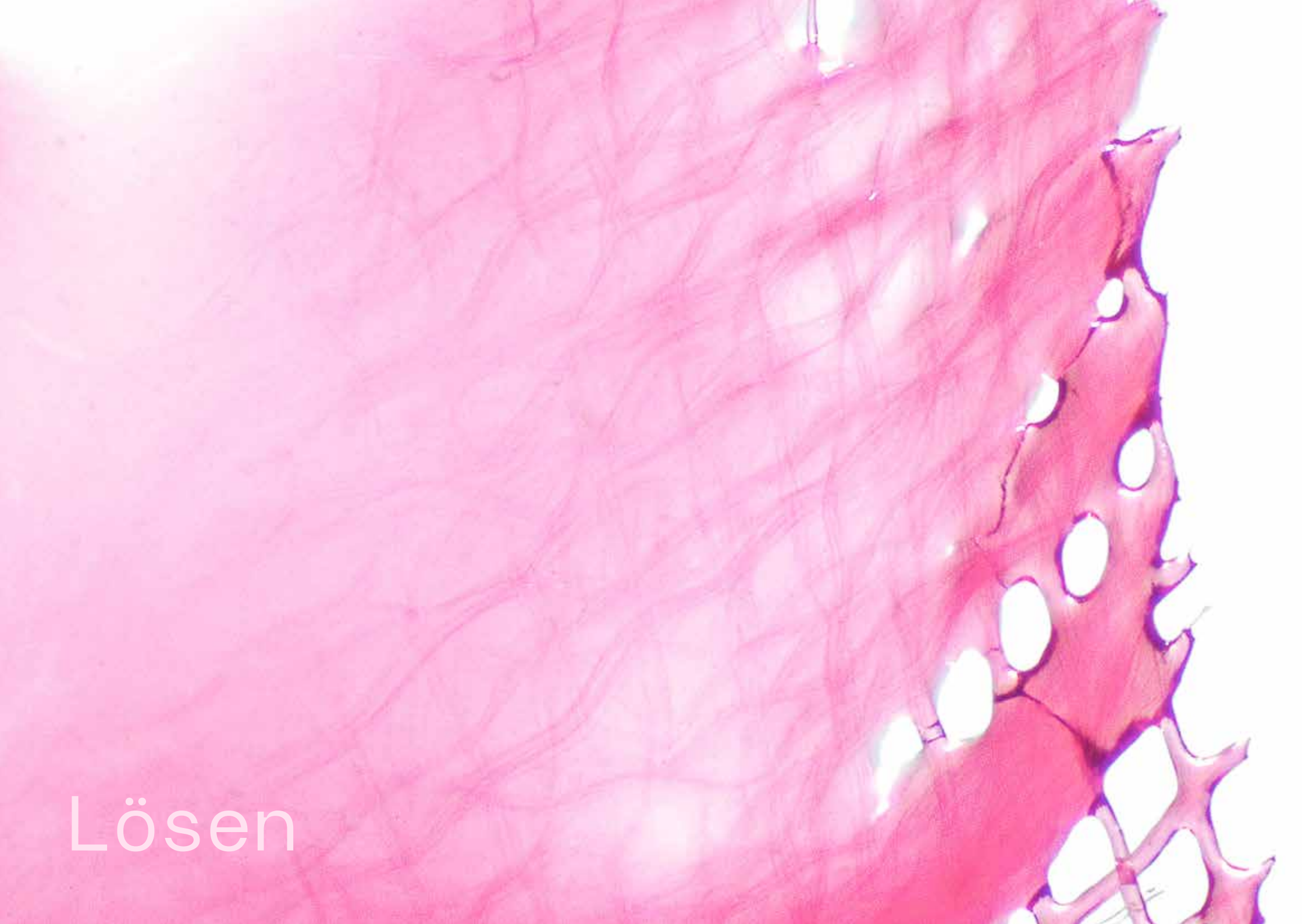


FIGURE 2.1
Schematic diagram of a conventional electrospinning setup, as well as environment, solution, and electrospinning variables.

Quelle: Long, Yun-Ze (2019): Electrospinning: The setup and procedure (S.2).
doi.org/10.1016/B978-0-323-51270-1.00002-9

Eine vorher angemischte Lösung wird an eine Elektrode angeschlossen, durch das elektrische Feld von der Elektrode abgezogen und in Richtung des Kollektors, an den der Gegenpol angeschlossen ist, geschleudert. Die Lösung wird hierbei in kleinste Nanofasern aufgespalten die sich auf dem Kollektor als eine Vlies-ähnliche Membran ablagern. Hierbei gibt es eine Vielzahl an Variablen und Möglichkeiten die das Spinnergebnis beeinflussen können. Die folgende Grafik zeigt den Grundaufbau sowie die entsprechenden Variablen.

Lösen



Lösen

Nachdem einige Paper zur Umsetzung vom Electrosponnen durchgearbeitet waren, testete ich zunächst mit Celluloseacetat wie das Gerät funktioniert. Zeitgleich war der Fahrplan für die nächsten Schritte bereits klar. Zunächst galt es die Anforderungen und Ausstattung entsprechenden Paper zu finden, in denen das Lösen und Electrosponnen von Fibroinen beschrieben wurde. Hierbei kristallisierte sich sehr früh heraus, dass Lösungsmittel wie Ameisensäure - welche primär zum Lösen von Seide zum Einsatz kommt - zu toxisch ist um in unserem Labor umzusetzen zu können. Unter der Prämisse, möglichst harmlose Lösungsmittel einzusetzen ging die Recherche weiter bis vor allem zwei Ansätze vielversprechend klangen. Neben Lithium Bromid (LiBr), welches zunächst noch zu beschaffen war, fokussierte ich mich vor allem auf eine Lösung die "Ajisawa's reagent" (AJ) genannt wurde und aus H₂O, Ethanol und Kalziumchlorid besteht. Hierfür waren alle Bestandteile vorhanden.



↑ Seidenspinner + Kokoon



↑ Fibroin (fib 10) mit Lösungsmittel benetzen



↑ Aufbereitung Seidenkokoon



↑ industriell aufbereitetes Fibroin

Die Wissensgrundlagen zu erlernen, die es der gestaltenden Person überhaupt erst möglich macht im Labor zu arbeiten, erfordert viel Zeit, Motivation und Lernbereitschaft.

Neben der Wahl für das Lösungsmittel musste noch das zu lösende Rohmaterial ausgewählt werden. In den Papern wurde meist mit *Bombyx mori* Kokons gearbeitet. Diese werden

zunächst vom Sericin befreit, um anschließend die reinen Fibroinfasern zu erhalten. Auch zum Spinnen von Seidengarnen wird zunächst das klebrig klumpige Sericin zunächst in einer Lauge gelöst. Neben diesen Kokons, konnten wir im Labor auf bereits aufbereitetes Fibroin für Laborkontexte zuzugreifen. Dieses war als gehärtete Flocken vorhanden (leider so stellte sich noch heraus, waren diese Flocken zwar sehr rein, jedoch war hier nicht das Sericin herausgelöst worden, was die weitere Verarbeitung erschwerte) und konnte ohne weitere Vorbereitung gewogen und gelöst werden.

Nachdem also ausreichend Kokons vorbereitet waren, das Lösungsmittel angesetzt war, konnte die Lösung im Inkubationsschüttler bewegt und erhitzt werden. Die Angaben für den Zeitraum und die einzusetzende Temperatur schwankte von Protokoll zu Protokoll. Obwohl die wissenschaftlichen Paper sehr viel beschreiben, so fehlte es doch an einer genauen Schritt für Schritt Anleitung. So schien sich zunächst nichts in der angegebenen Zeit zu lösen. Nach einer Woche schließlich waren die ersten Fibroine gelöst. Voller Begeisterung über die ersten Erfolge nach 3 Wochen mühsamer Einarbeitung, verdickte ich die Lösungen - wie angegeben mit Polyethylenoxid (PEO) - und probierte diese zu Spinnen. Die Ergebnisse waren ernüchternd. Einerseits funktionierte der Andickungsprozess mit dem PEO nicht und andererseits war das Spinnergebnis alles andere als erwartet. Es bildeten sich lediglich Tröpfchen, die sich anschließend abwischen ließ. Eine Kontrollmasse die einfach zum Härten in eine Petrischale gefüllt wurde schien zunächst fest zu sein, erwärmte sich die Lösung verflüssigte es sich wieder, ähnlich wie Kokosfett.



↑ Seidengewebe in Lösungsmittel

Für einen nächsten Anlauf hatte ich noch weitere Kokons bestellt um mehr flüssiges Fibroin herstellen zu können. In der Zwischenzeit machten wir einige Proben mit abweichenden Viskositäten von gelöstem PEO um die passende Dichte zum Spinnen herauszufinden. Schnell zeigte sich auch wie zeitaufwendig es ist Parameter für Parameter zu eruieren, welche Variablen die passenden sind um ein Ergebnis zu erzielen.

Im zweiten etwas umfassenderen Löseprozess, sollte deutlich mehr Fibroin gelöst werden, doch nichts geschah. Auch nach zwei Wochen waren keine nennenswerten Ergebnisse vorhanden. Wir mutmaßten woran es liegen könnte und bestellten nochmals einige Zutaten für die AJ-Lösung erneut in deutlich höheren Reinheitsgraden. Des Weiteren bestellten wir ein weiteres Lösemittel: Lithiumbromid (LiBr). Doch auch mithilfe der neuen Ajisawa's Lösung konnte zunächst nicht wie im ersten Versuch Fibroin gelöst



↑ Seidengewebe in A.J. •



Lösungen im Inkubationsschüttler↑

Lösen

werden. Während das LiBr sehr schnell Fibroin lösen könnte, blieb es ein Rätsel warum die AJ-Lösung nicht mehr funktionierte. Der entscheidend fehlende Faktor so stellte sich schließlich heraus, war die Luftzufuhr für den Löseprozess. Während LiBr Fibroine unter Ausschluss von Luft in einem Falcon löst, bedarf der Löseprozess in AJ einer Luftzirkulation.

Schließlich waren zwei Löseverfahren etabliert, die diverse Fibroine lösen konnten. Spannend war hierbei die während des Prozesses aufkommenden Fragen: Ist es auch möglich verwebte Fasern wieder aufzulösen? Können also Seidenreste wieder gelöst und weiterverwendet werden? Wenn ja was passiert mit gefärbten Fasern, können farbige Lösungen erzeugt werden, die als Gestaltungsmittel einsetzbar sind?

Da es in der Tat möglich ist gefärbte und verwebte Fibroine zu lösen, selbst wenn sie in einem Fasergemisch verarbeitet sind (es lösen sich bloß die Fibroine, keine Wollfasern, Cellulose oder Kunstfasern!) wurde dieser Aspekt zu einem sehr zentralen Thema neben Gesprächen mit Mitarbeitern von AMSilk.



living layers

In AJ gelöste Seidengewebe →





Härten

In den ersten zwei Monaten der Versuche fanden sich keine Ergebnisse, die gelösten Fibroine wieder aushärten zu lassen. In einem nächsten Anlauf nahm ich Kontakt zu den Autor:innen eines sehr präzisen Papers auf und stolperte über ein Paper von Nature Protocols, die ich als primäre Quellen verwendet habe.* Es stellte sich heraus, dass die gelöste Fibroinmasse noch immer die Salze enthält, die das Fibroin lösen. Daher war es notwendig, das Lösemittel in einem Dialyseverfahren zu extrahieren. Mithilfe von Dialyseschläuchen wurden die gelösten Fibroine (ob mit AJ oder LiBr) über 48h in Wasserbäder gelassen um die Lösemittel zu entfernen. Bei der anschließenden Kontrollmasse, die im Inkubationsschüttler getrocknet wurde entstanden erstmals dünne Fibroine Membranen. Das Aushärten selbst wird unter dem Mikroskop als lebendiger Prozess sichtbar: Es entstanden etliche Filme und Fotos, die für den folgenden Gestaltungsprozess eine wichtige Inspiration für mich wurden.



↑ Getrocknetes Fibroin



↑ Dialyse von Fibroinen ↑

Knapp zwei Wochen vor der Abschlusspräsentation und damit endlich war der Punkt erreicht, an dem ich anfangen konnte, in die Phase der Gestaltung einzutreten und die anfangs aufgeworfenen Fragen zu erforschen. Die gefilterten Lösungen konnten also mittels eines Trocknungsprozesses wieder gehärtet werden. Ich untersuchte in welchen Kombinationen diese Härtung stattfinden konnte, indem Gewebe partiell oder musterhaft mit Fibroin benetzt oder getränkt wurden (Verweis auf Abbildungen). Außerdem wurden dreidimensionale Objekte mit der Lösung ummantelt.

Für das Elektrosponning hingegen mussten die Fibroinlösungen wieder angedickt werden, da sie durch die Dialyse deutlich verwässert waren (1-3% Fibroin in H₂O). Diese Verdickung wurde durch Verdunstung und PEO erreicht, wodurch sich der Fibroingehalt der Masse wieder erhöhte. Durch die bereits bekannten PEO-Viskositäten konnten nun noch weitere Parameter geändert werden. Im Spinprozess wurden gewebte Seidenelemente auf einem Teil des Kollektors angebracht, um

*Quellen: A. Kopp, R. Smeets et al.(2019): <https://doi.org/10.1016/j.bioactumat.2020.01.010>
D.N.Rockwood, R.C.Preda (2011): <https://doi.org/10.1038/nprot.2011.379>

Härten

neben der reinen Membran auch zeitgleich die Eigenschaften des Spinnats auf einem textilen Material (als sogenannte "Kaschierung") zu erproben. Im Versuch "Spin 13" kam ein Gitter als Kollektor zum Einsatz um eine Musterung zu erzeugen. Während nach kurzer Zeit ein feiner Mustereffekt zum Vorschein kommt (Spin 13.1.), entstand nach über 6h Spinnings dreidimensionale Strukturen, die sich entsprechend dem Ausgangs-Kollektor musterhaft verdichteten. Um das PEO wieder vom Fibroin zu lösen bedürfte es einer Nachbehandlung mit Methanol. Methanol stand im Zeitpunkt des Versuchs nicht zur Verfügung.

Im Versuch "Spin 12" wurde eine durch Verdunstung auf 10% angedickte Fibroinlösung (in H₂O) ohne Additive versponnen. Leider ist es nicht gelungen, eine Taylorkone (als Idealform der beim Elektrosponnen emittierten Spinnmasse) zu erzeugen, weshalb kleine Tröpfchen auf dem Kollektor und auf dem Gewebe zu erkennen sind. Dennoch spannend ist, dass eine

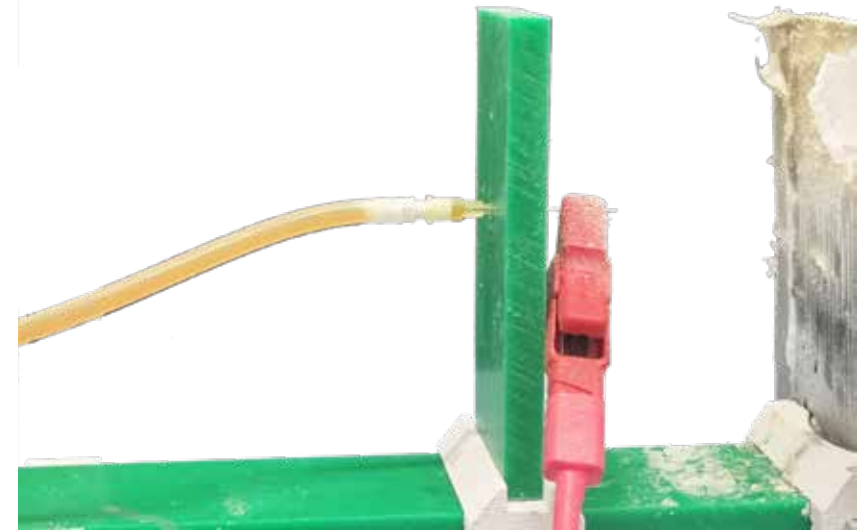


↑ Andicken von Fibroin mit PEO (Spin 14.1.)



Spinnlösung aufziehen ↑

living layers



↑ Spin 14.1.: Multilayerspinning

Diese Experimente zeigen, dass es möglich ist Fibroine mittels harmloser Lösungsmitteln aufzulösen und wieder zu härten.

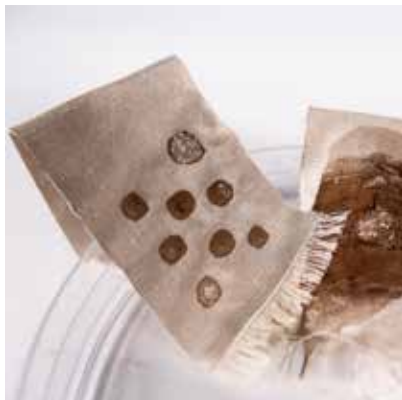
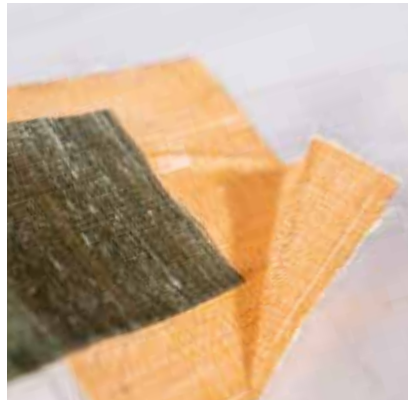
Musterung entsteht und ein Verlauf sichtbar wird. Das gehärtete Fibroin verstärkt das Gewebe partiell. Der optisch erkennbare Verlauf ist ein wichtiges

Resultat, da das aufgebrachte Fibroin aus demselben Gewebe gewonnen wurde auf das es schließlich wieder aufgetragen wird und dabei die Ausgangsfarbe verdunkelt.

Schließlich zeigt der Versuch "Spin 14.1." anhand einer Fibroin-PEO Lösung, dass eine Streifenmusterung auf einem Gewebe umgesetzt werden kann. Darauf konnte mit einer zweiten Lösung eine weitere Schicht Farbe aufgetragen werden. Die Farbigeit ergibt sich aus den zuvor gelösten Geweben, die teils ungefärbt, teils orange gefärbt waren.

Härten

living layers



↑ Fib 11.: Trocknung auf Tüll
 → Spin 10 : Restlösung auf Tüll + Seide
 ↓ Fib 11.: Musterhafte Trocknung auf Seide

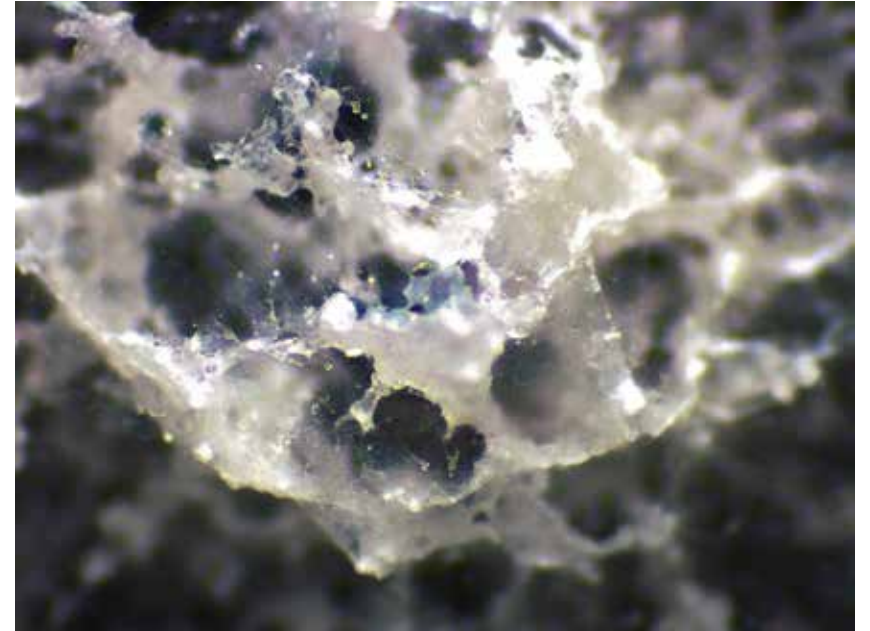
↑ Spin 10 : Restlösung auf Tüll + Seide
 → Fib 04.2 : Trocknung auf / zwischen Seide
 ↓ PEO 0.1.: Gesponnener PEO-Verlauf

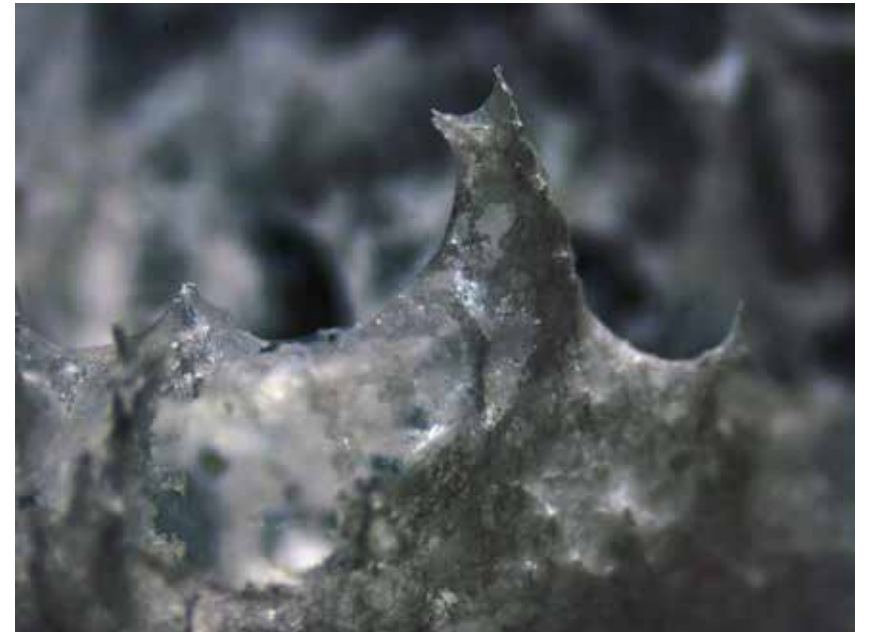


↑ Spin 14.1.: Ergebnisse



↑ Spin 13.III.: Spinnergebnis





Die Ergebnisse dieser Experimente zeigen, dass es möglich ist Fibroine mittels harmloser Lösungsmitteln aufzulösen und wieder zu härten. Diese Erkenntnisse stellen jedoch nur einen Anfang dar. Weiter gilt es zu untersuchen und zu explorieren, welche Eigenschaften das erneut gehärtete Fibroin mit sich bringt. Wie *Jokirsch und Scheibel (2017)* zeigen, kann die Haltbarkeit (Martindale) durch eine Kaschierung der Fasern mit Spinnenseide verbessert werden.* Dies macht Hoffnung auf ähnliche Ergebnisse bei herkömmlichem Fibroin. Schließlich gilt zu klären wie sich ein Gewebe durch die Beschichtung mit Fibroin überhaupt verändert. Welchen Belastungs- und Stress-tests hält das Fibroin stand? Kann eine Fibroinbehandlung ursprüngliche Gewebe- oder Fasereigenschaften verbessern? Können gehärtete Fibroinmembranen als Biokunststoff eingesetzt werden? Wie können gefärbte Fibroinlösungen als industrielle Veredelungstechnik eingesetzt werden? Hat das Löseverfahren als Recyclingprozess für Misch- und Seidengewebe oder Produktionsreste weitere Anwendungsmöglichkeiten?

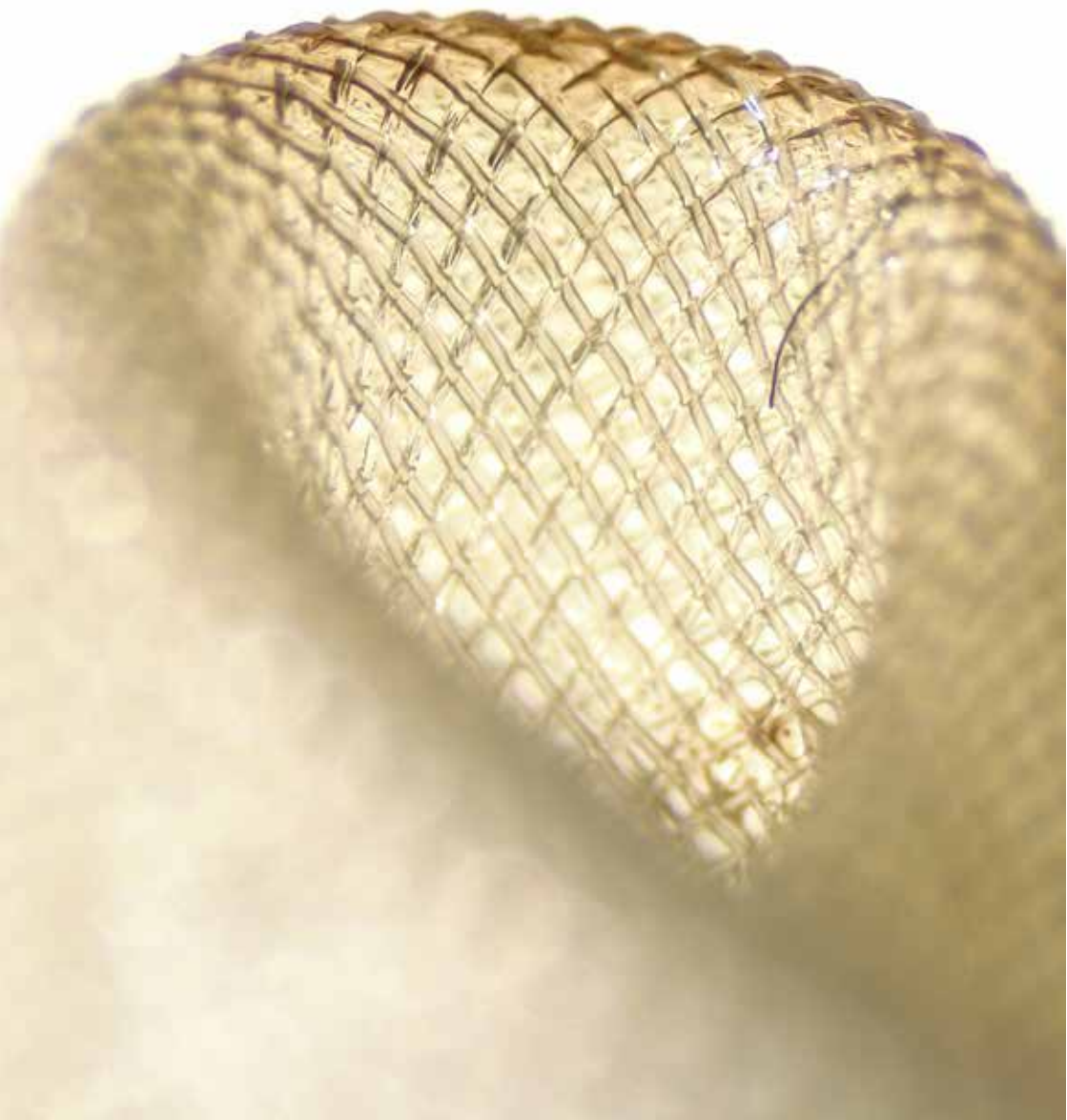


↑ Spin 13.I.: Elektrogewebenes Seidenmuster

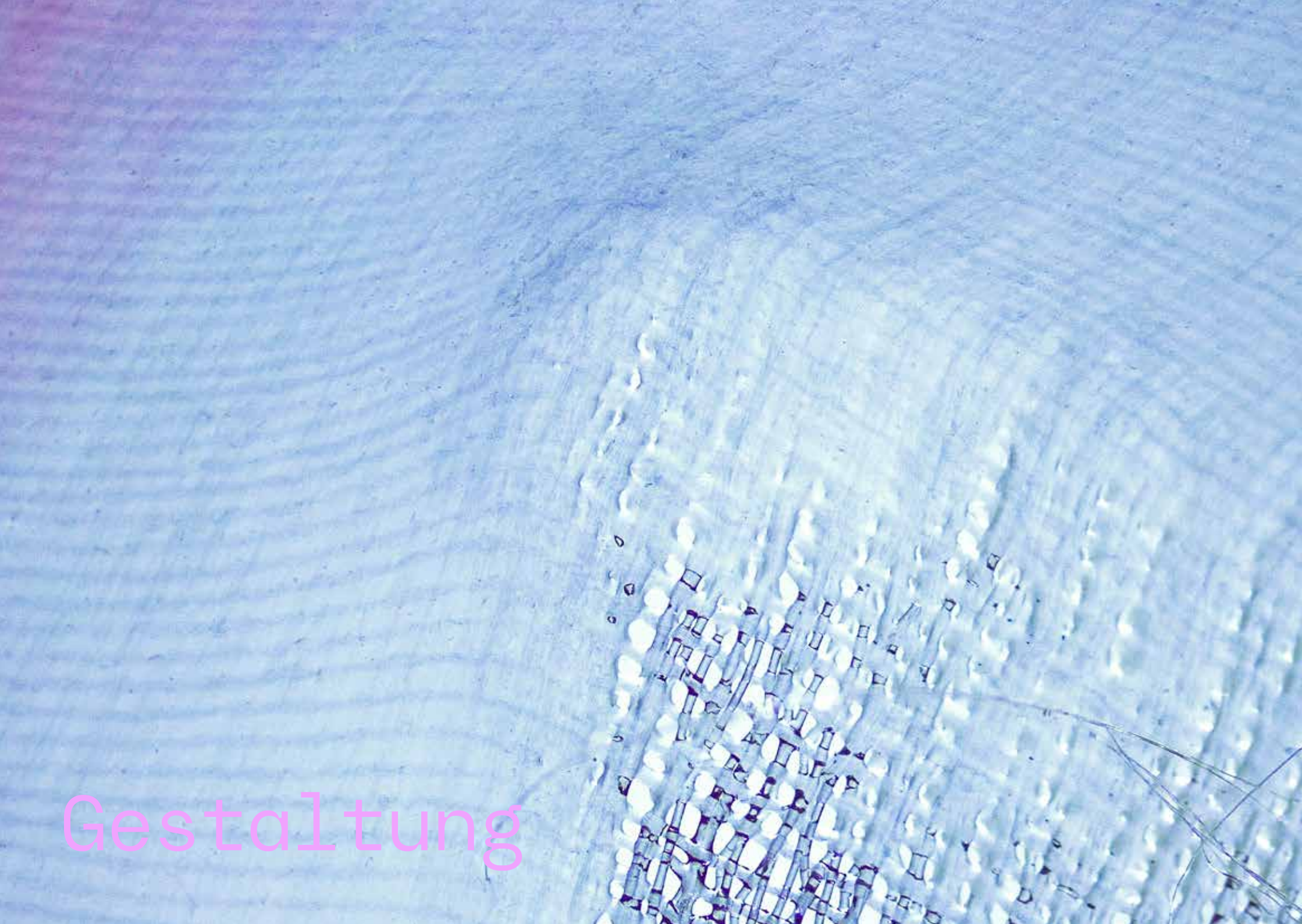
*Quelle: <https://doi.org/10.1515/pac-2017-0601>



↑ Spin 12.: Ergebnis



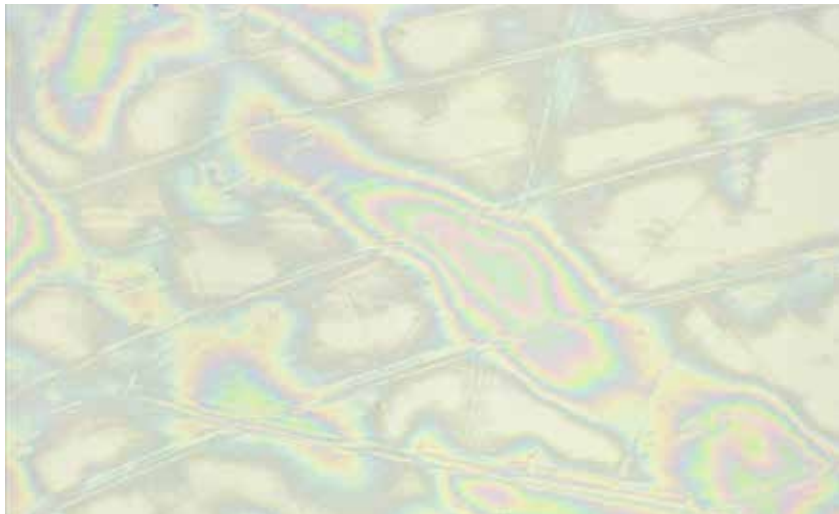
Gestaltung



Was es heißt aus einer gestalterischen Richtung in einem Laborkontext zu arbeiten, und ob oder inwiefern eine interdisziplinäre Arbeitsweise fördernd oder hemmend war stand stets im Hintergrund der Arbeit. Im Mittelpunkt steht die Frage, wie Gestaltung möglich sein kann, wenn sich die Laborarbeit auf das Nachstellen von Protokollen konzentriert. Denn das Gefühl während der Laborarbeit, dass selbst diese Ergebnisse sich nach Monaten nicht einstellen wollten, waren ernüchternd und frustrierend. Es war die Diskrepanz zwischen ergebnisoffner Gestaltung und dem Misslingen von Versuchen, die den Prozess zäh werden ließen. Es war so viel grundlegendes fachfremdes Wissen nötig um Protokolle nachzustellen, dass für das Gestalten kaum Zeit blieb. Erst gegen Ende des Projektes war der erste gestalterische Entwicklungsschritt möglich.



↑ Mikroskopaufnahme Auflösung von Seiden



↑ Mikroskopaufnahme getrocknetes Fibroin

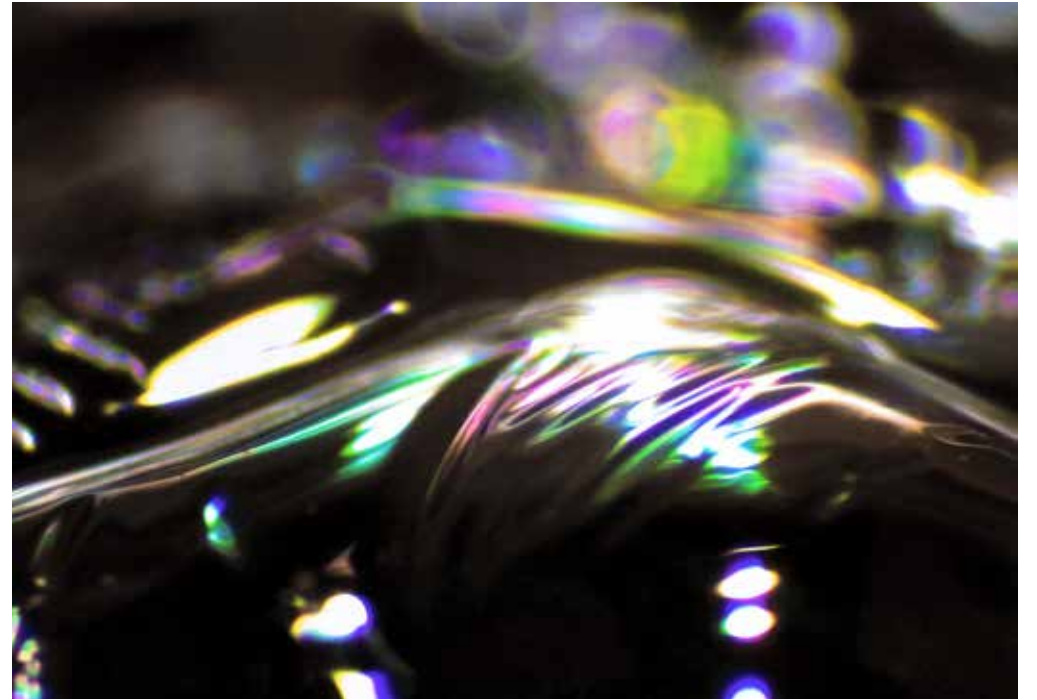
Die Ergebnisse der Mikroskopaufnahmen des Härteprozesses waren entscheidend für ein Gestaltungsansatz zu Living Layers. Diese Aufnahmen dienten als Inspiration die Prozesse, Erkenntnisse, Versuche und Verfahren in möglichst ästhetischer und nachvollziehbarer Weise zu vermitteln. Hieraus ist eine Reihe von Videos und Fotografien entstanden die dieses Projekt begleiteten. Sie bilden eine abstrakte, emotional erfahrbare Form, die das nüchterne und cleane Laborumfeld konterkarieren.



↑ Mikroskopaufnahme: Auflösen von Seidengewebe

Alles in allem war es möglich den Begriff der Gestaltung eben nicht auf diese handwerklich erzeugten Artefakte zu richten sondern auf die Gestaltung von Prozessen zu übertragen. Die Frage nach Prozessgestaltung und Ästhetik als Herausforderungen des Anthropozäns wurde nebenher in Form eines Essays beschrieben. Dessen einführenden Worte sollen hier noch einmal wiedergegeben werden:

Ein grundlegendes Element der Gestaltung und der Laborarbeit, sind die Imagination, Bearbeitung und Dokumentation von Prozessschritten, Versuchen, Experimenten auf der Suche nach Ergebnissen. Hierbei bemerkten wir, dass Ergebnisse nicht erwartbar, sondern im Idealfall eine hilfreiche Ergänzung sind. Das Prinzip "*Trial-and-Error*" dominiert und ist besonders interessant für die gestaltende Forschung. Auch für uns ist es maßgeblich, nicht ausschließlich reine Ergebnisse zu präsentieren, sondern den Prozess des Experiments in den Fokus der Gestaltung zu rücken. Als Gestalter*innen binden wir uns aufgrund von Kreativität oder Unwissenheit nicht an die genaue Umsetzung von Protokollen. Dies bedeutet für uns jedoch nicht, Sorgfaltspflichten zu missachten, sondern vielmehr den Laborprozess als solchen mit unter die Lupe zu nehmen und mitzugestalten. So wird aus der Materialforschung nicht nur die gestalterische Auseinandersetzung mit einem Endprodukt, sondern die Prozessgestaltung an sich. Hierzu soll im Folgenden auf den Begriff der Prozessgestaltung in der Designwissenschaft eingegangen werden. Was es für uns bedeutet, ästhetische Prozesse im Rahmen institutioneller Forschung zu gestalten, soll im Weiteren beleuchtet werden, um abschließend Möglichkeiten und Ansätze für eine emanzipatorische Gestaltung im Anthropozän aufzuzeigen.



Mikroskopaufnahme: Härten von Seidenfibroin →

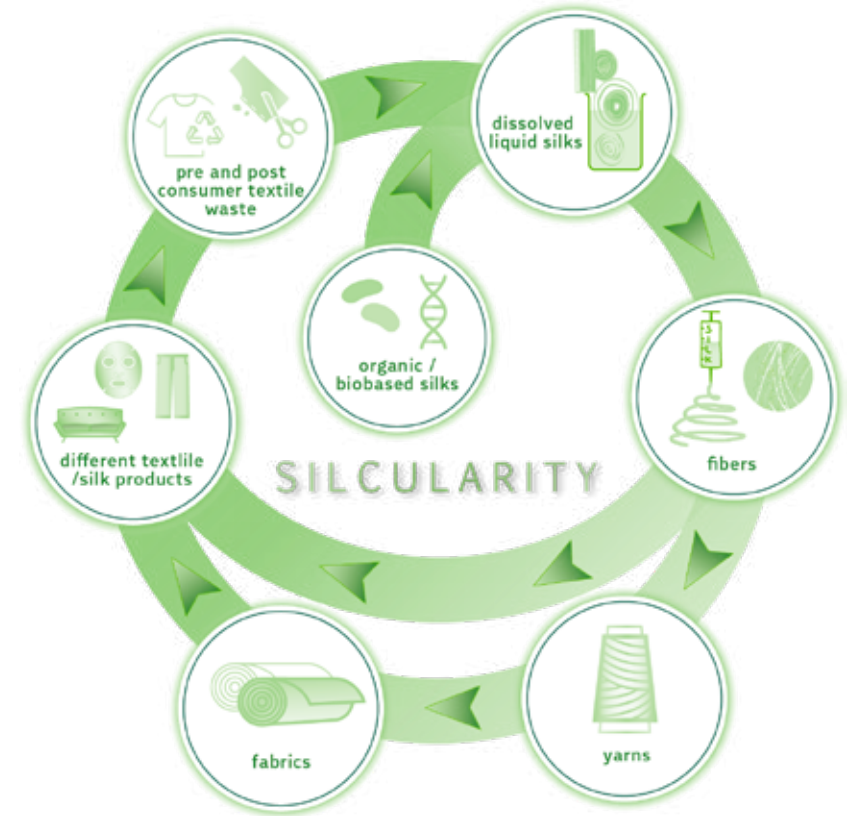


Silcularity

Die Lebendigkeit der Seide wird erst im Prozess erlebbar. Festgehalten in Foto, Video und Konzept lebt das Material in neuen Facetten auf und vor allem auch weiter.

Gestaltung im Anthropozän ist immer auch eine Gestaltung der Zukunft zum Beispiel in Form von Resilienz: Wie können wir unter neuen klimatischen Bedingungen weiter überleben? Das heißt bei Gestaltungsprozessen muss mitgedacht werden welche Materialien und Verfahren eingesetzt werden und was diese wiederum für Auswirkungen haben. Der Produktkreislauf mit Proteinfasern muss radikal infrage gestellt werden. Es muss berücksichtigt werden zu welchen Bedingungen und Kosten (ökologisch, sozial und ökonomisch) Fibroine hergestellt werden können – ob natürlicher oder artifiziieller Art. Es muss im Hinterkopf behalten werden wie sie weiterverarbeitet werden können und wie die am Ende des Produktkreislaufes entstehenden "Reste" weitere Verwendung finden.

Die oben beschriebenen Produktionsschritte des Lösens und Härtens von Fibroinen ergänzen den bisherigen Materialkreislauf der Seiden. Sie erweitern den zirkulären Produktionskreislauf und machen ihn langlebiger. Ich möchte ihn deswegen *Silcularity* nennen.



Lösen:

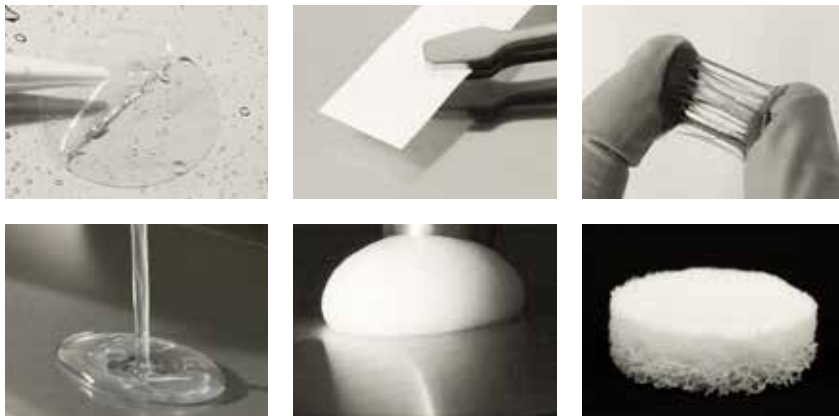
- Lösung von Fibroinen aus Fasergermischen mithilfe umweltverträglicher Lösemittel
- Lösung von Fibroinen unter Beibehaltung der ursprünglichen Färbung
- Fibroine in Form von Gewebe, Kokons oder artifiziieller Art können gelöst werden

Härten:

- Durch Electrospinning können Fibroine wieder zu neuen Flächen in neue Formen verarbeitet werden
- Mittels Trocknung können Fibroine zu Membranen geformt werden
- Bei der Verarbeitung von Fibroin kommen Farbe und Material zum Einsatz
- Fibroin kann musterhaft auf andere Materialien aufgebracht werden

Die primären Ergänzungen zum Produktkreislauf stellt das Lösen und Härten dar. Wir konnten zeigen, dass es möglich ist Produktionsreste und Fibroine aus Fasergemischen zu lösen. Die dadurch gewonnene Fibroinlösung ist kein Äquivalent zu vorherigen Fasern, kann jedoch durch Trocknung und Electrospinning wieder ausgehärtet werden.

Für den Materialkreislauf bedeutet das, dass bei jedem Produktionsschritt sinnvoll ist die Produktionsreste aufzubewahren. Diese können durch Löseprozesse wieder als neue Ressource in den Materialkreislauf eingeführt werden. Aus diesem erweiterten Produktkreislauf ergeben sich neue Produktanwendungen. Insbesondere Firmen aus dem medizinischen Bereich verarbeiten Fibroine zu Fasern, Schäumen, Knochenpflastern, Hydrogels und Medizinkapseln. In diesem Anwendungsfeld könnten recycelte Fibroine eine bescheidene ergänzende Rolle spielen. Dafür muss untersucht werden, ob auch farbige Fibroine eine Rolle spielen können. Es ist aber davon auszugehen, dass Erkenntnisse aus dem medizinischen Bereich für die Verarbeitung von Fibroinen in anderen Anwendungsbereichen hilfreich sein wird.



↑ Produktbeispiele aus Bombyx Mori Fibroin der Firma Fibrothelium: Film, Vlies, Kleber, Hydrogel, Schaum, Schwamm (von oben links nach unten rechts)

Ähnliches gilt für die Bekleidungstechnik. Wir haben beobachtet, dass Fibroine in Mustern und in diverser Form auf Gewebe aufgebracht werden können. Die Fibroine besitzen eine glänzende Materialität (Spin 12, bzw. Fib 11) und können zudem das Gewebe partiell verstärken. Durch das Aufbringen von farbigen Fibroinen können Gewebe auf gestalterischer Ebene ergänzt werden. Inwiefern aus der flüssigen Fibroinlösung Fasern erzeugt oder veredelt werden können ist ein zusätzlicher Ansatzpunkt für die Forschung mit Spinnenseide. In der bereits erwähnten Arbeit von *Jokisch* und *Scheibel* konnten Fasern durch eine Schaumbehandlung durch Spinnenseide verstärkt werden.

Darüber hinaus erinnern die erzeugten Fibroinmembranen an eine Art Bioplastik. Es könnte vertieft untersucht werden inwiefern diese Anwendung finden können. So gelang es uns zum Beispiel mit dem Electrospinning ein dreidimensionales Objekt zu „umspinnen“, sodass eine Fibroinhülle entsteht. Gerade für den Anwendungsbereich der Produktverpackung ergibt sich ein interessanter Ansatz.

Diese Beispiele sind keinesfalls abschließend. Es wäre spannend einige dieser Ansätze zu verfolgen. Mein eigener Schwerpunkt zielt hierbei auf die Untersuchung von Fibroin als Verpackungsmaterial, als Recyclingfaser sowie als Veredelungstechnik für Gewebe ab. Besonders spannend wären die Einschätzung aus anderen Fachgebieten insbesondere was die weitere Anwendung von gehärteten Fibroinen angeht. Schließlich müssten die Fibroine mit entsprechend technischer Betreuung durch Stress- und Belastungstests untersucht und in größeren Maßstäben verarbeitet werden.

Abschließend möchte ich darauf zurückkommen, was von den eingangs formulierten Ideen, Visionen und Ansätzen letztlich Bestand hat. Einige Punkte wurden zunächst beiseitegelegt und haben neuen Überlegungen Raum geöffnet.

Inspirierend waren für mich zum einen die Arbeit mit dem Electrospinning und zum anderen die Arbeit mit artifiziiell hergestellten Fibroinen von AMSilk. Den ersten Grundlagen des Electrospinnings konnte ich mich durch das Projekt bereits nähern. Dies war sehr spannend und hat zu überwiegend zufriedenstellenden Ergebnissen geführt. Im Kern des Projekts stand genau dieses Erproben, der Prozess sich ein Verfahren zu erschließen und auszuprobieren. Gleichzeitig haben sich klare Ergebnisse herausgestellt: Durch Elektrogespinnung konnte das Material so bearbeitet werden, dass sich Artefakte für verschiedene Anwendungsbereiche daraus ergaben. Dabei blieb Electrospinning im Labor auf einem experimentellen Level. Für zukünftige Arbeit mit dem Electrospinning würde ich an die Grundlagen und Techniken anknüpfen, die wir uns



im Labor zunächst selbst erschließen müssen. Wir sind jetzt routinierter darin, Protokolle zu lesen und auszuführen, selbst zu verfassen und weiterzuentwickeln. Wir sind besser darauf eingestellt, dass Versuche fehlschlagen. Optimalerweise würde das Projekt in einem professionellen Rahmen weiterlaufen. Ich kann mir vorstellen, in einer der Unternehmen und Forschungseinrichtungen zu hospitieren und auf Basis ihrer Arbeit direkt in die gestalterische Arbeit einzusteigen und verstärkt auf die Stoffeigenschaften und das Design zu fokussieren. Wir mussten uns viele Grundlagen selbst erschließen und es bleiben viele offene Fragen bestehen. Auch war es mir an vielen Stellen ein zu technisch akribisches Arbeiten, geprägt von Misserfolgen, die ein mir sonst bekanntes kreatives Arbeiten etwas erschwerten. So haben wir lange probiert Protokolle nachzustellen um zu wenig erfreulichen und stets schwankenden Ergebnissen zu kommen. Für die weitere Arbeit an diesem Thema bedeutet es, sich mit professionellen Partnern zusammen zu tun um den technisch ausführenden Teil nicht auch noch selbst erlernen zu müssen. Es ist hilfreich diese Verfahren gut verstanden zu haben, doch für meine Gestaltungsarbeit ist wichtig an anderen Gestaltungsebenen anzuknüpfen, als die Einrichtung von Geräten. Zum Glück gibt es diverse Unternehmen und Forschungseinrichtungen die bereits mit Fibroinen arbeiten und bereits Interesse bekundet haben auch in Ihnen neuen Bereichen Entwicklungen voran zu treiben.

Im weiteren habe ich mich im Laufe des Projekts vertieft in das Thema artifiziielle Spinnenseide eingelesen und mir den Status Quo der Entwicklung angesehen. Als wir die ersten Versuche mit dem Electrospinning durchgeführt hatten, habe ich Kontakt zur Firma AMSilk aufgenommen. Im Rahmen des Austauschs habe ich einen Vortrag über das Biolab und Living Layers gehalten, und eine Anfrage zur Kooperation und Materialproben gestellt. Die Zusammenarbeit ist schließlich nicht zustande gekommen.

Deshalb habe ich den Fokus der Arbeit auf das Recycling des Materials gelegt. Denn bei artifiziieller Spinnenseide ist es

sinnvoll das Recycling von Anfang an mitzudenken. Silcularity hat das Potenzial eine komplette Wertschöpfungskette von Spinnenseide neu aufzubauen bietet die Möglichkeit das Fibroin auch gleich in einen Kreislauf einzubinden.

Neben AMSilk gibt es vier weitere Unternehmen die mit artifizierlicher Spinnenseide arbeiten. AMSilk arbeitet hauptsächlich in der technischen Umsetzung für Projekte anderer Firmen. Um eine weitere Zusammenarbeit zustande zu bringen wäre es notwendig mit den lizenzhaltenden Unternehmen wie Boing oder Adidas in Verbindung zu treten um die für diese Unternehmen entwickelten textilen Produkte anzusehen. Beim kalifornischen Unternehmen *Boltthreads* liegt beispielsweise ein Fokus der Materialerforschung auf Spinnenseide für Bekleidung. Es wäre insbesondere für die weitere Fibroin-gestaltung ein interessanter Partner. Nichtsdestotrotz wäre es bereits fruchtbar, die Verarbeitung von Spinnenseide auf einem professionellen Level kennen lernen zu können. Gerade in Umfang und Qualität der Verarbeitung sollten dort Unterschiede zu den Ergebnissen in unserem BioLab hervortreten.

Rückblickend war die Residency für mich eine intensive Zeit, die mir die Herausforderungen interdisziplinärer Arbeit zwischen Forschung und Design vor Augen geführt hat. Ich hatte die Chance, eigene Lösungsansätze für zukunftsfähige Produkte von Grund auf zu entwickeln und umzusetzen. Ob dieser Prozess mit Rückschlägen oder Erfolg endet war am Ende nicht so relevant wie die Idee, die sich daraus entsponnen hat. Ich freue mich hieran in meiner weiteren Forschung anzusetzen und bedanke mich für den Freiraum und die Eigenständigkeit, den das Projekt Living Layers mir gelassen hat.



Vielen Dank an:

Prof. Bettina Göttke-Krogmann

Prof. Mareike Gast

Prof. Christian Zöllner

Prof. Pablo Abend

Alessa Scivoli

Falko Matthes

Johann Bauerfeind

Fabian Hütter

Gio Unterfrauner

Anna Gronemeyer



Bilder:

Soweit nicht anders Angegeben
von Kim Cordes

Schriftarten:

Burg Grotesk

Avenue Mono

