



lividum

bacterial colours

Dokumentation

Lysanne Stroomer

LYSANNE STROOMER //

BACHELOR ART EDUCATION / 5. SEMESTER

2018/19 ZHDK //

BETREUT VON EVA WANDELER

inhaltsverzeichnis

Einleitung	7
Abstract	10
Motivation	11
Inhalt	11
Prozess	17
Im Labor	18
Erkenntnisse	26
Kontext	35
Fazit	39
Reflexion	40
Ausblick	42
Anhang	45
Glossar	46
Tausend Dank!	47
Forschungstagebuch	48
Literaturverzeichnis	50
Bilderverzeichnis	51
Ursprüngliches Konzept	52

A close-up photograph of a blue fabric, likely a mesh or fine-weave material, showing its texture and folds. The fabric is draped, creating deep shadows and highlights that emphasize its three-dimensional quality. The color is a deep, slightly muted blue.

einleitung

«FASHION HAS A
POLLUTION PROBLEM,
CAN BIOLOGY FIX IT?»

– AUDREY CHIEZA NATSAI

einleitung

abstract

In den letzten Jahrzehnten setzt sich die westliche Gesellschaft zunehmend mit Nachhaltigkeit auseinander. Dennoch ist die Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen nach wie vor gross – insbesondere in der Textilindustrie, wo alleine für das Färben rund 1.3 Millionen Tonnen synthetisch hergestellte Farbstoffe und Pigmente produziert und verwendet werden. Die Abwasser der Fabriken tragen entscheidend zur Verschmutzung der Umwelt bei und setzen schätzungsweise weltweit eine Millionen Menschen direkt in Gefahr¹.

Auf der Suche nach einer nachhaltigeren Alternative für die synthetische Produktion von Textilfarbstoffen wurde eine ungewöhnliche Zusammenarbeit eingegangen – die mit Mikroorganismen. Um uns herum existieren Milliarden von Bakterien und einige davon produzieren natürliche und biologisch abbaubare Farbpigmente.

«lividum – bacterial colours» ist ein laufendes Forschungsprojekt. Einerseits werden die Möglichkeiten von biologischen Färbemethoden mit Bakterien weiter untersucht und optimiert. Andererseits soll die Methode mit einem Experimentierset und Workshop für ein interessiertes Publikum zugänglich gemacht werden.

¹ Gysi et al. (2016)

motivation

Wir sind blind geworden für den Wert der uns umgebenden Materialien. Schaut man sich eine Plastiktüte an, dann hat es Millionen von Jahren gedauert, bis durch Sedimentation der Grundstoff für Plastik, das Erdöl entstand. Die Entstehungszeit des Grundstoffes steht jedoch im krassen Kontrast zur Nutzungsdauer des jeweiligen Endproduktes.

Was ist, wenn man die Wertung nun aber umdreht und etwas so vermeintlich wertloses wie Bakterien nutzt, um ein wertvolleres Objekt daraus entstehen zu lassen? Wie können vermehrt symbiotische, anstatt parasitäre und ausbeuterische Beziehungen zwischen Mensch und Natur aufgebaut werden?

Die Faszination für die unsichtbare Welt der Mikroorganismen und ihr immenses Potenzial für neue Materialsysteme war für mich ein Ausgangspunkt und wichtiger Bestandteil dieser Arbeit. Ich arbeite mit einem lebenden System und seinen spezifischen Eigenschaften zusammen. Dies lässt mich als Designerin den Gestaltungsprozess von einer ganz anderen Seite her erfahren und meine gewohnten Vorgehensweisen hinterfragen.

inhalt

Mit dem Forschungsprojekt «lividum – bacterial colours» möchte ich einerseits die Welt der Bakterien der Öffentlichkeit näher bringen und über mikrobakterielle Prozesse aufklären, andererseits aber auch zum eigenen Handeln anregen.

In der Experimentierreihe «Grow It Yourself» wird das Wissen weitergegeben und geteilt. Das Experimentierset ist ein kompaktes Labor mit dem man zu Hause eine geeignete Laborumgebung aufbauen und Textilien mit dem Bakterium *Janthinobacterium lividum* färben kann.

Zudem ist ein Workshop in Planung, bei dem grössere Textilien und mit weiteren Bakterienpigmenten gefärbt werden kann.



Ein Arbeiter steht knöcheltief in giftigen Chemikalien, welche für das Färben in einer Lederfabrik in Dhaka, Bangladesh benutzt werden.
Quelle: Larry C. Price

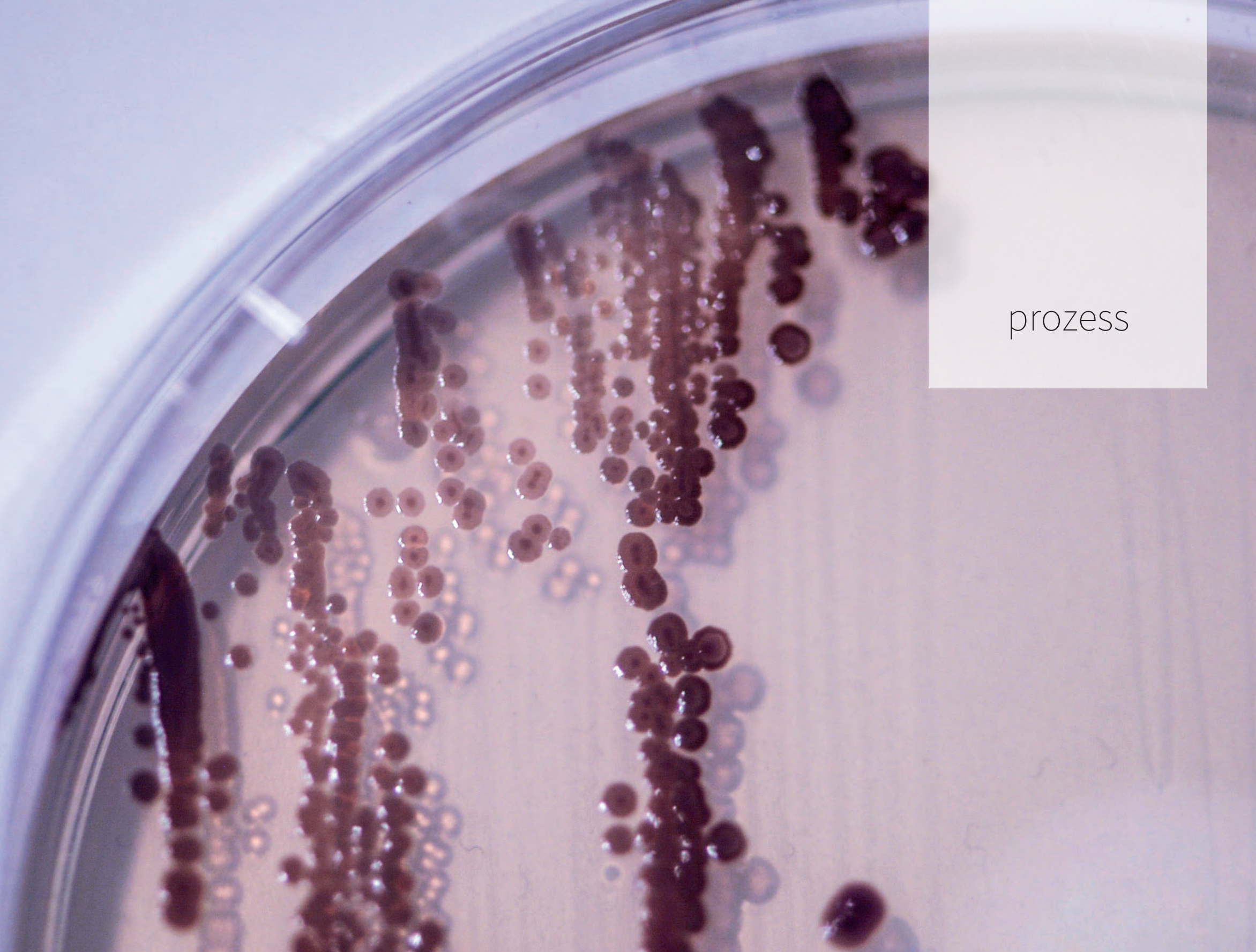


Janthinobacterium lividum in flüssigem Nährmedium nach fünf Tagen Inkubationszeit.

WORTE, DIE ICH
NIEMALS GEDACHT
HÄTTE ZU SAGEN:
«JA, LIEBEND GERNE
MÖCHTE ICH DIESEN
MIT BAKTERIEN
BEDECKTEN SCHAL
TRAGEN.»



Baumwollschal mit *Janthinobacterium lividum* gefärbt.



prozess

prozess

Ich habe mich zwischen Atelier und Labor bewegt. Über Literaturrecherchen, unterschiedliche Gespräche mit Fachleuten, sowie mit der ästhetischen Forschung habe ich untersucht, wie wachsende Farben auf unterschiedlichen Materialien und verschiedene Methoden reagieren.

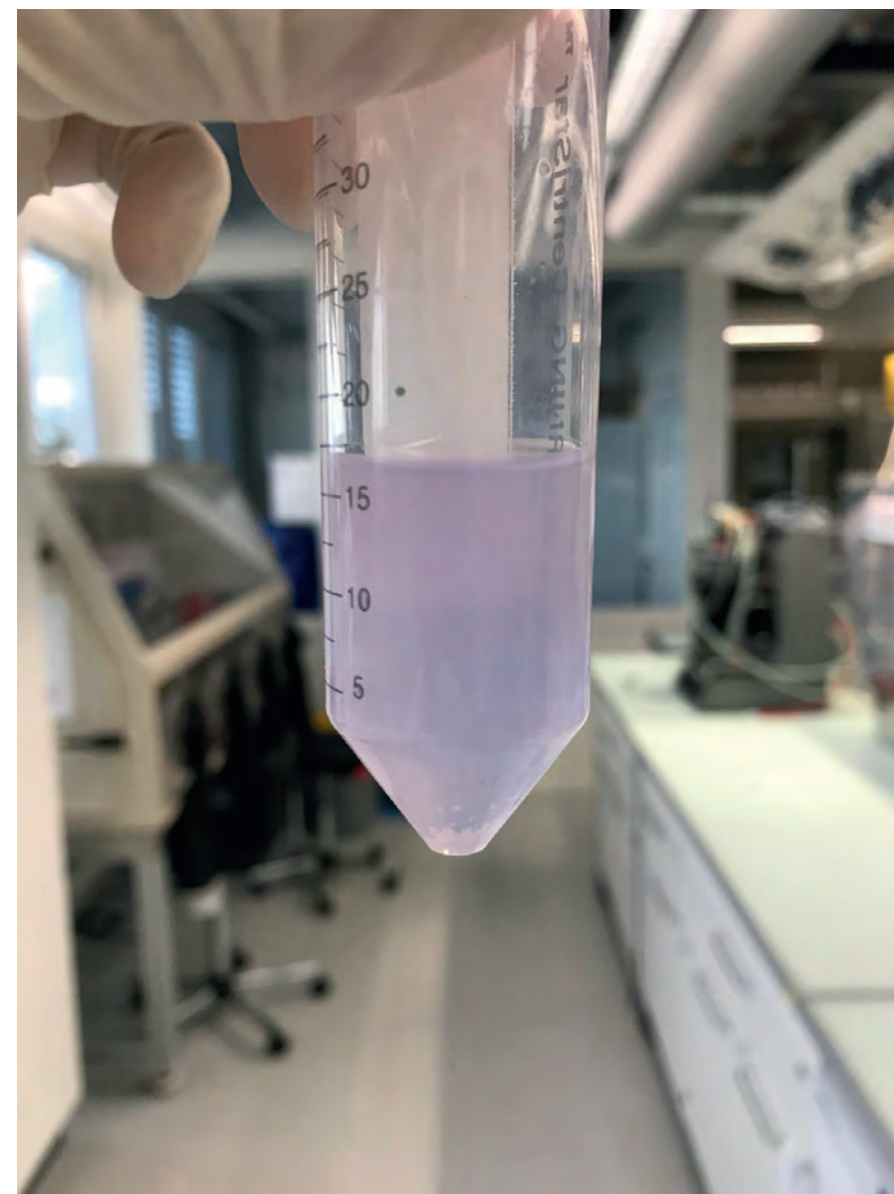
Obwohl ich keinen naturwissenschaftlichen Hintergrund besitze, habe ich mir im Laufe des Projekts ein gewisses Fachwissen angeeignet. Ich versuche dieses ansatzweise mit in den Text einzubeziehen. Im Anhang befindet sich zusätzlich ein Glossar (Seite 46), um spezifische Begriffe genauer zu erklären.

im labor

Von Prof. Dr. Martin Sievers habe ich die Erlaubnis erhalten im Labor der ZHAW in Wädenswil zu arbeiten. Während den letzten Monaten habe ich jeweils während ein bis drei Tagen pro Woche unter der Aufsicht des wissenschaftlichen Mitarbeiters Dennis Wipfli meine Experimente durchgeführt.

Jedes Bakterium hat unterschiedliche Wachstumsbedingungen. Ich beschloss mich deshalb auf eine bestimmte Bakterienart zu fokussieren und in der kurzen mir zur Verfügung stehenden Zeit hauptsächlich mit *Janthinobacterium lividum* zu arbeiten. Das Bakterium wächst innerhalb von vier Tagen relativ schnell heran, produziert das violette Pigment Violacein, welches antimikrobielle Eigenschaften besitzt und wurde von der Haut der schweizerischen Geburtshelferkröte isoliert. Das Bakterium wurde mir von der CCOS (Culture Collection of Switzerland) zur Verfügung gestellt. Derzeit wird daran geforscht, ob es in der Bekämpfung von Leukämie oder sogar gegen multiresistente Erreger eingesetzt werden kann².

² Choi et al. (2015)



Einer der ersten Versuche; der Farbstoff liegt noch in einer geringen Konzentration vor, weshalb die Flüssigkeit nur leicht violett erscheint.

«WIE LEITE ICH EIN
LEBEWESEN,
WELCHES EINEN
EIGENEN LEBENS-
WILLEN HAT?»

vorgehen

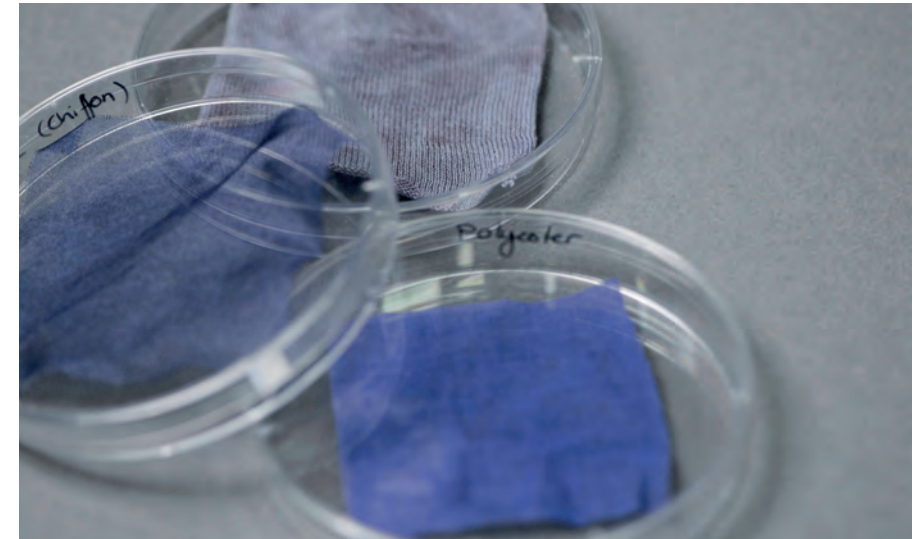
Um mit Mikroorganismen arbeiten zu können, müssen zuerst die optimalen Wachstumsbedingungen (Temperatur, Nährmedium, pH-Wert, Inkubationszeit) ermittelt werden.

Das *Janthinobacterium lividum* Strang CCOS 423 wächst zwischen 20 – 30 Grad Celsius, mit einem Optimum für die Produktion des Pigments Violacein bei 25 Grad Celsius. Ich habe herausgefunden, dass sich von den verschiedenen Nährmedien Lennox Broth am besten eignet, der pH-Wert bei 7 liegt, und bei einer Wachstumszeit (Inkubationszeit) von vier Tagen am meisten Farbpigmente entstehen.

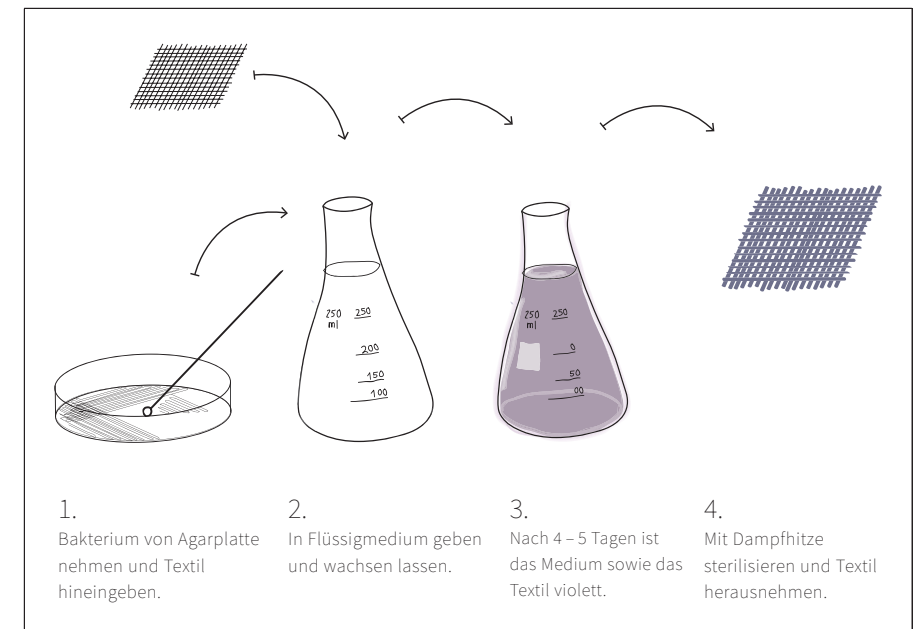
Um die Textilien mit *Janthinobacterium lividum* zu färben, werden alle benötigten Materialien in einem Autoklaven (eine Art Dampfkochtopf) keimfrei, steril, gemacht. Das Nährmedium, der Erlenmeyer und das gewählte Textil werden bei einer Dampfhitze im Autoklaven bei 120 Grad Celsius während 20 min von lebenden Mikroorganismen befreit.

Anschliessend wird das Textil und das angezüchteten Bakterium in den Erlenmeyerkolben mit dem Nährmedium gegeben. Das Textil liegt nun im Erlenmeyerkolben in der Bakterienkultur, wo das Bakterium inklusive des Farbmoleküls Violacein in der Flüssigkeit und auf dem Textil heranwächst.

Nach einigen Tagen bilden sich genügend violette Zellkolonien, welche auf dem Stoff und in der Flüssigkeit gewachsen sind. Folglich wird der ganze Erlenmeyerkolben mit dem Flüssigmedium und Textil autoklaviert, also steril gemacht, damit das Bakterium nicht weiter wachsen kann. Das Textil wird danach kurz mit Leitungswasser ausgespült. Je nach Material ist die Farbe nun zwischen blau und violett.



Materialrecherche mit Seidenchiffon, Jersey und Polyester, hier in Petrischalen.



Vorgehen der bakteriellen Färbungsmethode vereinfacht erklärt.



Janthinobacterium lividum wird auf einer Agarplatte ausgestrichen.



Gefärbtes Textil in Erlenmeyerkolben.



Stimmungsbild kurz vor dem Färbeprozess mit bereits gefärbten Probestücken.

gestalterisches potenzial

Die ersten Versuche wurden alle unifarben. Auch mit Batik und anderen herkömmlichen Färbemethoden habe ich experimentiert. Doch ich hatte mir zum Ziel gesetzt, das Bakterium in der Färbung sichtbar zu machen, da so eine grössere Aufmerksamkeit generiert wird. Für eine industrielle Produktion wäre es jedoch möglich, nur unifarbene Textilien herzustellen.

Da ich vor allem zu Beginn ausschliesslich im Erlenmeyerkolben gefärbt habe, war ich eingeschränkt durch die schmale Öffnung. Die Stoffe mussten so gefaltet werden, dass sie durch die ca. 4 cm grosse Öffnung hindurch passen.

Per Zufall gab es eine interessante organische Mustergebung welche durch das Wachstum bei zu geringem Flüssigkeitsanteil entstanden waren (siehe Seite 24, rechtes Bild). Da das Janthinobacterium lividum aerob ist und Sauerstoff zum Überleben braucht, gedeiht es lieber in mit Flüssigkeit vollgesogenen Textilien, wobei auch die Luft hin kann, als im Nährmedium selbst.

Die Farbpigmente sind vom Stamm des Bakteriums abhängig. Janthinobacterium lividum ist violett, doch es gibt auch Bakterienarten, welche beispielsweise rote, orange, gelbe, blaue oder grüne Pigmente herstellen³.

erkenntnisse

Es war und ist stets dieses Wechselspiel zwischen mir und dem Bakterium. Auch von den Experten lassen sich nicht alle Prozesse zu hundert Prozent nachvollziehen. Es blieben also stets diese unbekannten Komponenten, die für unerwartete Ergebnisse sorgten. Ich wurde so immer wieder überrascht von den neuen Musterungen und Farbschattierungen.

Beispielsweise produziert Janthinobacterium lividum auf luftigen Stoffen aus Seide, aber auch auf Polyester, dunkelviolette Pigmente. Bei Baumwolle hingegen wird die Farbe hellblau. Auch Jersey eignet sich gut für die bakterielle Färbung. Bei all zu dicken Stoffen kann sich Janthinobacterium lividum jedoch nicht so gut vermehren, wodurch diese weniger geeignet sind. Prinzipiell konnte ich aber beobachten, dass das Bakterium je nach Material und Webart anders reagiert und nur von Tendenzen ausgegangen werden kann.

Naturwissenschaftliche Experimente müssen minutiös dokumentiert werden. Dies ermöglicht, das Denken, die Methoden und Ergebnisse transparent und nachvollziehbar zu machen. Auch ich benutze mein Forschungsjournal als Denkwerkzeug (siehe Auszüge im Anhang S. 52).

Das ganze Vorhaben hat viel Zeit beansprucht. Der Sterilisationsprozess aller verwendeten Materialien dauerte jeweils zwei Stunden, die Inkubationszeit (Wachstumszeit) des Bakteriums liegt bei vier bis fünf Tagen und ich war zudem abhängig von den Mitarbeitenden der ZHAW. Ich musste sehr gut planen, vorausschauen und die Wartephasen effektiv nutzen.

Das Wissensdefizit im naturwissenschaftlichen Bereich ermöglichte es mir im Labor routinierte Abläufe jedoch auch zu hinterfragen und andere Vorgehensweisen zu initiieren. So entdeckte ich, dass es durchaus auch möglich wäre, in Tupperware zu färben und man nicht zwingend immer alles im Autoklaven sterilisieren muss. In einem zweiten Schritt habe ich mein gelerntes Wissen genutzt, um ein Heimlabor zu entwickeln. Daraus entstand das Experimentierset «Grow It Yourself». Doch mehr dazu im nächsten Kapitel.

3 Venil et al. (2013)

«DIE WERTSCHÄTZUNG
ZU EINEM OBJEKT WIRD
ÜBER DIE BEZIEHUNG
DAZU GESTEIGERT.
ICH GEHE LIEBEVOLL
MIT DEN BAKTERIEN
UM, FAST WIE BEI EINEM
HAUSTIER SCHAU E
MEHRMALS TÄGLICH
NACH IHNEN.»

grow it yourself

experimentierset für erwachsene

Über den «Do It Yourself»-, beziehungsweise «Grow It Yourself»-Zugang, wird einerseits das Bewusstsein und die Wertschätzung gegenüber dem Material und dem Produkt gestärkt. Andererseits wird aber auch die Selbstwirksamkeit gefördert und eine persönliche Beziehung zwischen Natur, Wissenschaft und Kreativität gefördert.

Durch den Färbeprozess wird die unsichtbare Welt der Mikroorganismen um uns herum sichtbar gemacht. Es macht Biodesign nahbar und regt dazu an, die Welt von einer anderen Perspektive heraus zu betrachten. Meine Erkenntnisse aus dem Labor sind stark in das Set eingeflossen.

Dieses Forschungsset für Erwachsene ist ein kompaktes Labor, welches ermöglicht, überall eine geeignete Arbeitsumgebung aufzubauen und einen individuellen Schal mit Bakterien zu färben. Alle benötigten Materialien, sowie eine detaillierte Anleitung sind beigelegt.



Innenleben der Verpackung.



Verpackung mit Inhalt.

Preisgestaltung

Lennox Broth	2.50.-
LB Agar	2.20.-
Petrischale	0.30.-
Erlenmeyer	5.00.-
Glasgewindeflasche	5.00.-
Loop	0.15.-
Pipette	0.10.-
Bakterium (lyophilisiert)	20.00.-
Verpackung	5.00.-
Textil (Bio-Baumwolle)	10.00.-
Druckaufwand	5.00.-
Arbeitsaufwand	1 h à 40.00.-
	<u>95.00.-</u>

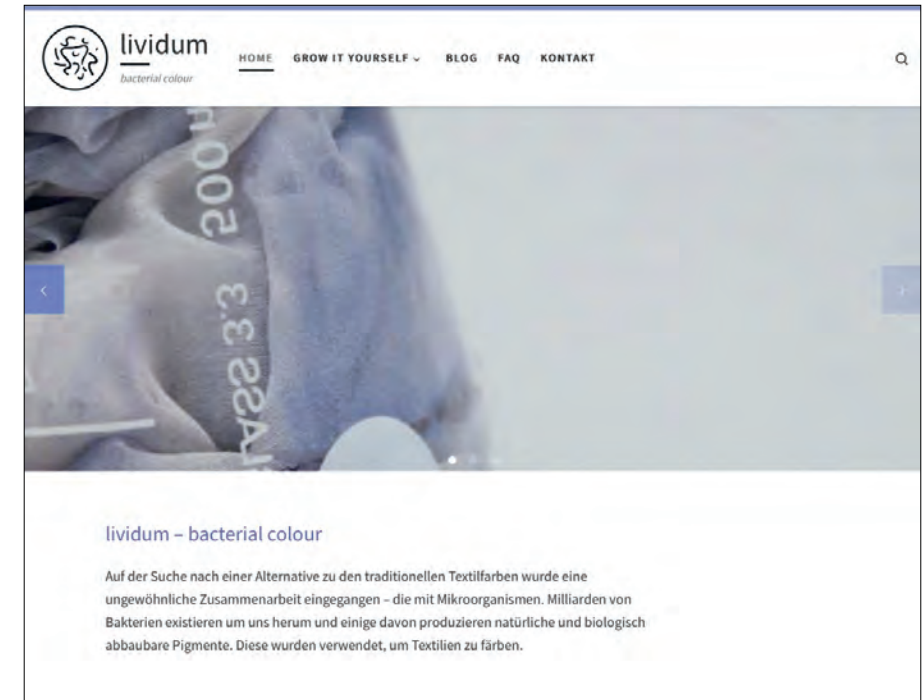
workshop

Der Workshop befindet sich momentan noch in Planung und dies ist ein erster Entwurf.

Ich könnte mir eine Kollaboration mit der ZHAW School of Life Sciences and Facility Management, in Wädenswil vorstellen. Auch für sie könnte es von Interesse sein, nebst ihrem herkömmlichen Studienangebot weitere Kurse am Wochenende anzubieten. Die Hochschule könnte so ihre Auslastung optimieren.

Der Grow It Yourself-Workshop richtet sich allgemein an erwachsene Personen, welche ein Interesse an Alternativen zu herkömmlichen Färbemethoden und biotechnologischen Prozessen haben. Spezifisch könnten Personen aus dem Bereich Mode, Biologie, Design und Kunst angesprochen werden. Die TeilnehmerInnen können grössere Textilien und verschiedenen Bakterien färben. Der Zeitumfang würde sich auf drei Termine erstrecken. Beim ersten Workshoptag lernen die TeilnehmerInnen das Labor und die Abläufe kennen. Bakterien werden auf einer Agarplatte ausgestrichen, Stoffe werden gefaltet und im Autoklaven sterilisiert. Beim zweiten Termin werden flüssige Bakterienkulturen angesetzt und Textilien in die Erlenmeyerkolben hineingegeben. Beim letzten und etwas kürzeren Termin werden die Stoffe «geerntet» und gewaschen. Ausgediente Kleidungsstücke wie Hemde, T-Shirts usw. können upgecycled werden.

Eine kursorische Begleitung soll einerseits von gestalterischer, wie auch von wissenschaftlicher Seite her ermöglicht werden. Die Teilnehmerzahl liegt zwischen 6 – 12 Personen und der Workshop wird laut den Berechnungen inklusive Materialien CHF 320.– kosten.



website & instagram

Um auf die Probleme der Färbeindustrie, insbesondere im Textilbereich einzugehen, ist es notwendig, die Komplexität deren Wertschöpfungskette zu verstehen. Dazu soll kollaboriert, Wissen geteilt und voneinander gelernt werden.

«Grow It Yourself» trägt insofern einen kleinen Beitrag dazu, indem es jedem und jeder ermöglicht wird, selbst mit pigmentproduzierenden Bakterien Textilien zu färben und so eine neue Welt zu öffnen.

Auf der Website und dem Instagram-Account wird aufgeklärt, informiert und Erfahrungen können ausgetauscht werden. Zudem werden auf neue Workshops hingewiesen, Beiträge erfasst und man könnte darüber auch neue Materialien fürs Experimentierset kaufen.

 blog.zhdk.ch/lividum

 [lividum_bacterialcolours](https://www.instagram.com/lividum_bacterialcolours)



kontext

kontext

Menschen haben seit der Prähistorie andere Organismen wie Pflanzen und Tiere benutzt um Textilien zu färben. Doch dass dies auch mit Bakterien möglich ist, weiss man erst seit ein paar Jahrzehnten. Im späten 17. Jahrhundert konnten überhaupt das erste Mal mit einem Mikroskop Bakterien beobachtet und Bakterienspezies isoliert kultiviert werden. Heute geht man davon aus, dass immer noch rund 95 – 99% aller Bakterienarten nicht entdeckt wurden⁴. Das heisst folglich, dass die Möglichkeiten bakteriell gefärbter Stoffe, im Vergleich zu herkömmlichen Färbemethoden relativ neu und unausgereift sind. In der Forschung findet man jedoch zunehmendes Interesse an bakteriellen Pigmenten und es beginnen Forschungsgelder zu fliessen. Denn nicht nur in der Textilbranche finden sie ihren Einsatz, auch im Bereich der Lebensmittel, in der Pharmazie oder Kosmetika werden bakterielle Pigmente eingesetzt⁵.

Durch die von ökologischen Krisen veränderte Umwelt und den rapiden technischen Fortschritt hat sich das Beziehungsfeld zwischen Technologie, Mensch und Umwelt drastisch verändert. Die Relevanz und Aussagekraft von neuen und wirkmächtigen Materialien wird seit den letzten 15 bis 20 Jahren auch stark im Bereich Design diskutiert. Man spricht hierbei vom MATERIAL TURN oder auch der Neuen Materialität. Dabei werden Mechanismen aus der Natur in neue gestalterische Produkte übersetzt. So wachsen zum Beispiel bei der Firma MYCOWORKS Produkte aus Myzel, also die fadenförmigen Zellen eines Pilzes, woraus Lederersatzprodukte, Verpackungsmaterial, Designobjekte wie Stühle und Lampen entstehen⁶.

Bei BOLT THREADS wird gar eine Art Spinnenseide aus Hefezellproteinen gewonnenen⁷.

Auch die Designerin AUDREY CHIEZA NATSAI arbeitet an der Schnittstelle zwischen der kreativen und biotechnologischen Industrie. Seit sieben Jahren untersucht sie bereits die bakterielle Pigmentproduktion und ist in ihrem Gebiet eine Vorreiterin. Als ich das erste Mal ihren Ted Talk 2017 hörte und ihre Stoffe sah, war ich fasziniert. Sie arbeitet mit dem Bakterium *Streptomyces coelicolor*, welches je nach pH-Wert die Farbe verändert. Doch ihr genaues Vorgehen ist nicht bekannt, weshalb ich mich grösstenteils während meinem Projekt auf naturwissenschaftliche Literatur stütze.



FÄRBEINDUSTRIE - Verschmutzung im Abwasser



BOLT THREADS - Kleid von Stella McCartney



KROWN DESIGN - Mycelium lamp



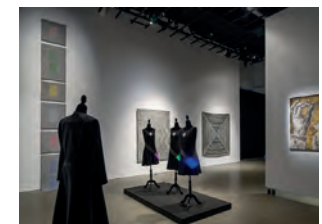
AUDREY CHIEZA NATSAI - Seidenschal



MYCOWORKS - Pilzleder



TAMARA HOOGEWEEGEN - posterus textilis



THE MATERIAL TURN - Ausstellung in der Fofa Gallery in Kanada

4 Sauermost (1999)

5 Venil et al. (2013)

6 Mycoworks (2017)

7 Boltthreads (2018)



fazit

fazit

reflexion

In den letzten vier Monaten habe ich mich in ein mir völlig unbekanntes Gebiet vorgewagt. Die Arbeit an der Schnittstelle zwischen Naturwissenschaft und Gestaltung haben mir wortwörtlich eine neue Welt eröffnet.

Ich habe die Produktion des Farbstoffs bei *Janthinobacterium lividum* optimiert, geeignete Materialien und Methoden erforscht und versucht, den Wachstumsprozess auf dem Textil optisch erfahrbar zu machen. Meine gewonnenen Erkenntnisse aus dem Labor und der Umgang mit lebenden Organismen fliessen stark in das Experimentiererset «Grow It Yourself» ein.

Im Labor lerne ich dann auch nach anfänglichen Schwierigkeiten, dass mein «Partner» *Janthinobacterium lividum* ein echter Überlebenskünstler ist und eine Einschränkung auf diese Spezies sehr gut war. Die Wachstumszeit zwingt mich jedoch dazu geduldig zu sein. Obwohl dies nicht meine Stärke ist, empfinde ich diese Entschleunigung im Verlauf des Prozesses vermehrt als bereichernd und lerne mich damit zu arrangieren.

Zu Beginn war alles neu und faszinierend im Labor. Doch mit jedem Mal merkte ich, wie Prozesse automatisiert werden und ich zunehmend selbstständig arbeiten konnte. Diese Freiheit beflügelte mich und ich konnte experimenteller werden. Ich lernte die Welt um mich herum anders zu sehen. Mikroorganismen sind zwar oftmals ein unsichtbarer, aber doch omnipräsenter Teil und spielen eine Schlüsselfunktion im Zusammenspiel unseres komplexen Ökosystems.

Durch die Auseinandersetzung mit lebenden Organismen wurde ich aber auch mit Fragen konfrontiert, welche ich vorher so nicht erwartet hätte. So musste ich mich beispielsweise vorsorglich beim Bundesamt für Umwelt rechtlich absichern, ob für die bakteriell gefärbten Textilien eine Meldepflicht besteht. Da es aber vom Biosafety Level, einer Gefährlichkeitseinstufung biologischer Arbeitsstoffe, als unbedenklich eingestuft wird, ist es nach Einschliessungsverordnung nicht meldepflichtig und kann ich problemlos damit arbeiten.

Ich bin mir im Klaren darüber, dass dieses Projekt in punkto Nachhaltigkeit nicht alle Probleme lösen wird, da die Textilproduktion per se verschmutzend ist. So war für mich die Frage nach dem Stoff von grosser Bedeutung. Zu Beginn habe ich Bio-Stoffe benutzt. Doch weil diese relativ teuer sind, und ich für die Experimente aus ökologischen Überlegungen nicht neue Stoffe brauchen wollte, bin ich auf Textilien aus dem Brockenhäuser umgestiegen.

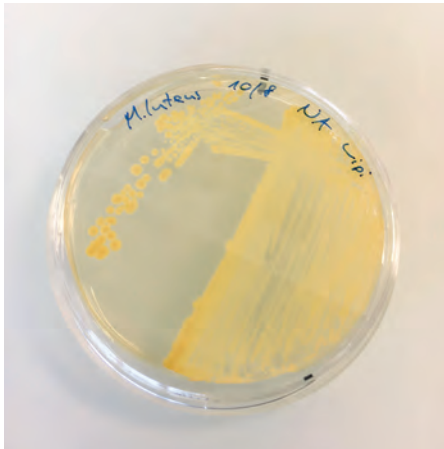
Was mich bei meinem Praxisprojekt am nachhaltigsten geprägt hat, war der fundamental andere Zugang zu Design. Die Co-Autorenschaft zwischen mir und dem Bakterium zwingt mich neue Wege einzugehen und das Wechselspiel zwischen Kontrolle und Zufall im Designprozess zuzulassen. Denn die Bakterien sind ein lebendes System und haben ihre eigene Art Dinge zu tun.

Ich bin mir im Prozess oftmals selbst im Weg gestanden und habe mich allzu sehr von einer perfektionistischen Vorstellung hindern lassen, etwa bei der Gestaltung der Verpackung. Dazu habe ich verschiedene Materialeexperimente wie etwa mit Pilzmyzellen und Pulpe aus Altpapier getestet. Nach mehrmaligen Versuchen bin ich schlussendlich auf eine simple Kartonschachtel umgestiegen, da der Fokus auf dem Inhalt und nicht auf der Verpackung liegen sollte.

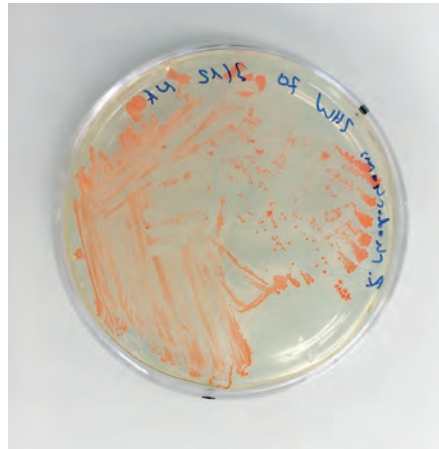
ausblick

Grundsätzlich bin ich immer noch so fasziniert, inspiriert und beflügelt von den Einblicken die ich mit diesem Projekt erhalten durfte, dass sich nicht die Frage stellt, ob ich weiter mache, sondern in welcher Form. Es gibt noch so viele andere Bakterienfarben, welche ich untersuchen möchte, aber die Zeit hat leider im Praxisprojekt dazu nicht gereicht. Ebenfalls möchte ich Prozesse weiter optimieren und beispielsweise bessere Nährmedien finden.

Auf jeden Fall würde es mir am meisten Freude bereiten, meine Faszination und Begeisterung für färbende Bakterien mit Designern, Modelabels, Forschern, Künstlern oder Museen zu teilen und mich darüber austauschen zu können. Einige Anfragen gab es bereits, diese müssen nun in einer zweiten Phase konkretisiert und weiterentwickelt werden.



Micrococcus luteus produziert ein gelbes Pigment.



Rhodococcus rhodochrous produziert ein orange/rotes Pigment.



anhang

glossar

NÄHRMEDIUM: dient zur Kultivierung von Mikroorganismen, Zellen und Geweben.

PH-WERT: Mass für den sauren oder basischen Charakter einer wässrigen Lösung.

AUTOKLAV: gasdicht verschliessbarer Druckbehälter zum sterilisieren von Stoffen.

STERILISIEREN: Materialien und Gegenstände von lebenden Mikroorganismen befreien.

PETRISCHALE: flache, runde, durchsichtige Schale mit übergreifendem Deckel für biologische, medizinische oder chemische Zwecke.

SCHÜTTELPLATTE: Schüttelt damit das Bakterium sich nicht am Boden absetzt.

ERLENMEYERKOLBEN: Glasgefäss mit oben hin enger werden Hals.

INKUBIEREN: Anzucht von Zellkulturen.

AUTOKLAVIEREN: durch Dampfhitze (121 Grad Celsius) werden Materialien steril gemacht.

tausend dank!

Ohne die Hilfe von ganz vielen tollen Menschen, wäre dieses Projekt niemals auf diese Art entstanden.

Eva Wandeler // für die tolle Begleitung als Mentorin durch das ganze Projekt hindurch.

Dennis Wipfli // für die unglaubliche Hilfe im Labor und kontinuierliche Begeisterungsfreude.

Prof. Dr. Martin Sievers // für die Unterstützung und einmalige Möglichkeit im Labor der ZHAW arbeiten zu dürfen.

MitarbeiterInnen ZHAW, Mikrobiologie // für ihre stets offene, hilfsbereite und überaus herzliche Art.

Fabian Birchler // fürs Korrekturlesen und allgemeines Seelenwohl.

Pascal Birchler und Nelleke Bos // fürs Korrekturlesen.

Mitstudierende // für ihre Unterstützung bei grösseren und kleineren Projektkrisen.

Stefan Toth // für die Organisation und Benutzung des Mikroskops für die Ausstellung.

forschungstagebuch

FORSCHUNGSTAGEBUCH

25. SEPTEMBER 2018 (DI), LABOR ZHAW WÄDENSWIL

N/O von Janthinobacterium lividum auf Agarplatte, erste leichte violette Färbung ist bereits da. Erste Textilproben, 6 x 6cm Seidenchiffon, gebleichter Baumwolle, ungebleichter Polyester, Jersey, Polyamid-Elasten-Mischgewebe werden im Autoklav während 20 min sterilisiert. Prozess dauert aber mit Aufheizen und Abkühlen ungefähr 2 Stunden.

Ich lerne heute die Räumlichkeiten und für mich wichtige Ansprechpersonen kennen. Ich bin hier mit dem wissenschaftlichen Assistenten Dennis Wipfli zusammenarbeiten. Ich neugierig

26. SEPTEMBER 2018 (MI), LABOR ZHAW WÄDENSWIL

Die Kultivierung von Bakterien findet gewöhnlich unter Idealbedingungen in einer Petrischale oder auf einem geleeartigen Nährboden in einer Petrischale statt. Idealbedingungen sind spezialisiert. Da Dennis Wipfli auch noch nie mit diesen Bakterien gearbeitet hat, werde ich es erst einmal, diese Faktoren zu suchen. Für das Flüssigmedium Nutritional Broth wird dabei in einer 1 Liter Glasflasche 18.1 g auf einen Liter entionisiertem Wasser aufgegossen und mit einem Rührstab gut vermisch. Für das Flüssigmedium Nutritional Broth wird dabei in einer 1 Liter Glasflasche 18.1 g auf einen Liter entionisiertem Wasser aufgegossen und mit einem Rührstab gut vermisch. Anschliessend werden jeweils die beiden Flüssigkeiten autoklaviert. In der Abzugshaube in Petrischalen gefüllt und über Nacht abgekühlt.

Ich realisiere, wie alle Prozesse und Abläufe extrem viel Zeit brauchen. Ich bin und noch überhaupt nicht vertraut bin mit den Gegebenheiten.

27. SEPTEMBER 2018 (DO), LABOR ZHAW WÄDENSWIL

Zuerst wird untersucht, wie sich J. lividum und mit ihm der Farbstoff wieder auf welchem Textil am besten anheften. Dennis Wipfli drei Strategien entwickelt. Zuerst die Agarplatte mit J. lividum beimpfen und das Textil direkt in eine N/O Flüssigkultur geben.

Um die ideale Nährstoffzusammensetzung für den J. lividum in NB und R2A eine Flüssigkultur angesetzt um zu schauen, ob er so direkt auf der Schüttelplatte werden sie dann bei 25 Grad Celsius kultiviert.

Zudem legen ich den Seidenchiffon direkt auf die Schüttelplatte und schaue, ob er so direkt auf der Schüttelplatte werden sie dann bei 25 Grad Celsius kultiviert.

2. OKTOBER 2018 (DI), LABOR ZHAW WÄDENSWIL

Bei den beiden Flüssigkulturen, sowie die Agarplatte mit dem Textil darauf von Donnerstag (Inkubation von fünf Tagen) ist leider gar nichts passiert. Das Bakterium ist zwar gewachsen, doch das Violine (violette Farbstoff) wurde nicht gebildet. Die Enttäuschung ist gross, ich überlege mir, was ich machen kann, alles nicht funktioniert. Nach diesen beiden Niederlagen freue ich mich dafür umso mehr, dass die Agarplatten einen deutlichen Wachstum aufzeigen und schön violett geworden sind.

→ Stoff direkt in Agarplatte legen funktioniert leider nicht, ich muss es in ein Flüssigmedium geben und weiter experimentieren.

Eventuell könnte es am pH-Wert liegen. Nach einer Kontrolle, wird aber ersichtlich, dass es bei pH 7 liegt. In der Literatur finde ich Hinweise darauf, dass J. lividum, anders als auf der Agarplatte, nur bei von Glycerol im Flüssigmedium Violine produziert. Zusätzlich wird versucht mit der Beimpfung in den Stressfaktor auszulösen. Laut dem Paper von (Kanelli M, Mandic M, Kalakona M, Vasil Nikodimovic-Runic J und Topakas E (2018)) soll es den Wachstum von Violine um den Faktor 10 erhöhen.

Für diese Versuchsreihe wird das 24h alte J. lividum vom Nähragar in 4 Erlenmeyerflaschen in ein Flüssigmedium Lennox Broth (des weiteren als LB abgekürzt) ausprobiert.

1. 50 ml LB mit 200 µg/ml Ampicillin (mg/ml)
2. 50 ml LB mit 1% Glycerol
3. 50 ml LB mit 1% Glycerol und 200 µg/ml Ampicillin (mg/ml)
4. 50 ml NB mit 2% Glycerol

Da ich kostbare Zeit verloren habe, gebe ich eine erste Reihe von Textilien direkt in die Flüssigkulturen. Ich erhoffe mir das beste Resultat mit Seide, da die Bakterien so durch die meisten Chance haben hatten zu bleiben.



So wähle ich für diese Versuchsreihe je zweimal Seidenchiffon

11. OKTOBER 2018 (DO), LABOR ZHAW WÄDENSWIL

Gestern hat Dennis Wipfli für mich schon einmal 5(l) Liter NB angesetzt und autoklaviert, damit ich das heute nicht mehr tun muss und sogleich starten kann.

Ich fülle zwei je fünf Liter Erlenmeyerkolben mit 1.5 Liter Flüssigmedium und lege zusammengebundene Baumwolltücher mit den Massen 150cm x 150cm, sowie 200cm x 100cm in den Kolben. In einen drei Liter Erlenmeyerkolben mit 800ml Flüssigmedium NB mit 2% Glycerol versuche ich vorsätzlich zu viel Stoff hinein-zugeben, damit nur ein Teil mit der Flüssigkeit in Kontakt kommt und sich dies dann auf die Färbung auswirkt.

Um die Farbbarkeit zu testen wurde ein Muster 24h UV-Strahlen ausgesetzt. Dies um die Sonne zu simulieren. Keine ersichtliche Veränderung in der Farbtintensität fällt dabei auf. Ein weiteres Muster wird in Methanol eingelegt. Nach ca. 2h „Einweichzeit“ hat sich das Violine leicht vom Textil gelöst. Im Alltagsgebrauch kommt man aber mit diesem Stoff nicht sehr häufig in dieser Konzentration in Verbindung.

Die angesetzte Micrococcus luteus-Kultur auf Agar ist zwar gelb geworden, doch reicht es leider nicht, um damit eine Kultur mit Stoff zu starten, da es sehr wahrscheinlich nur ein trübes gelb geben würde. Da die Inkubationstemperatur ebenfalls nicht gleich wie bei J. lividum ist, kann ich zudem nicht versuchen beide zusammenzugeben. Ich werde es nochmals mit einer anderen Art ausprobieren.

Laut dem Paper (Mandal et al., 2018) hat mit Violine Polyamid eine antifungale und -bakterielle Wirkung. Dies teste ich selbst in einem Kontrollversuch mit Candida albicans. Zudem starte ich heute nochmals den letzten Versuch den Stoff direkt in der Petrischale zu färben. Ich gebe dazu verschiedene Konzentrationen von Flüssigkultur (dieses Mal nun mit 2% Glycerol) sowie mit Candida albicans, um NA, welcher den Stoff tranken soll.

1. 400 µl J. lividum in Flüssigkultur, 1 ml NB, Baumwolle
2. 400 µl J. lividum in Flüssigkultur, 2 ml NB, Seidenchiffon
3. 200 µl J. lividum in Flüssigkultur, 1 ml NB, mittlere Baumwolle
4. 400 µl J. lividum in Flüssigkultur, 3 ml NB, Seidenchiffon (grosstes Stück)

Vereinfachung: Ich versuche für ein Heimexperiment alle benötigten Utensilien mitzunehmen. Durch die Vereinfachung von einem mobilen Arbeitsplatz bekomme ich mehr Handlungsspielraum und könnte die Erkenntnisse so für den Eigenbedarf oder Workshops benutzen.

Klassischerweise werden Bakterienkulturen bei -80 Grad Celsius gelagert. Zum Glück hilft uns Herr Sievers und schlägt die Methode der Lyophilisierung vor. Bei diesem Prozess wird eine Sublimation durchgeführt, wobei das Bakterium gefriergetrocknet wird. Somit ist das Bakterium über eine lange Zeit bei optimal 4 Grad Celsius, oder bei Raumtemperatur, haltbar.

13. Oktober (Sa), Heimlabor Zuhause
Ich autoklaviere ein Textil bei mir direkt im Erlenmeyer im Dampfkochtopf während 20 min und gebe anschliessend das sterile und abgekühlte Nährmedium mit J. lividum hinein. Da sie im Labor auf einer Schüttelplatte jeweils konstant geschüttelt werden, muss ich dies nun annähernd auch von Hand tun. Nach 3 Tagen ist aber bereits eine starke Färbung ersichtlich.
→ Es reicht also wenn man nur ab und zu schüttelt.

literaturverzeichnis

AKIRA SHIRATA, TAKANORI TSUKAMOTO, HIROE YASUI, TAMAKO HATA, SHOJI HAYASAKA \ ATSUSHI KOJIMA, HIROSHI KATO (2000) Isolation of Bacteria Producing Bluish–Purple Pigment and Use For Dying. Japan Agricultural Research Quarterly vom 01.04.200 <https://www.jircas.go.jp/en/publication/jarq/34/2/131> Zugriff 18.11.18

BOLT THREADS (2018): <https://boltthreads.com/technology/microsilk/> Zugriff: 18.11.18

DRESSEL, GERT (2014): Interdisziplinär und transdisziplinär forschen : Praktiken und Methoden (Science Studies). Bielefeld: Transcript Verlag

FABER FUTURES LIMITED (2018): <https://www.faberfutures.com/>, Zugriff: 18.11.18

GYSI NATHALIE, BERNHARDT ANGELA (2016): The Toxics Beneath Our Feet. The World's Worst Pollution Problems 2016, Pure Earth an Green Cross Switzerland

HUWS, URSULA (2000): Nature, Technology and Art: The Emergence of a New Relationship? Leonardo, vol. 33, no. 1, 2000, pp. 33–40. JSTOR, JSTOR, www.jstor.org/stable/1576759.

KANELLI, MANDIC, KALAKONA, VASILAKOS, KEKOS, NIKODINOVIC–RUNIC AND TOPAKAS (2018): Microbial Production of Violacein and Process Optimization For Dyeing Polyamide Fabrics With Acquired Antimicrobial Properties. Front. Microbiol. 9:1495. doi: 10.3389/fmicb.2018.01495

KANT, R. (2012): "Textile dyeing industry and environmental hazard." Natural Science. Vol 4. No.1 22–26. 2012
Kate Franklin; Caroline Till (2018) Radical matter : rethinking materials for a sustainable future

MYCOWORKS (2017) <http://www.mycoworks.com> Zugriff: 18.11.18

CHOI, YOON, LEE, MITCHELL (2014): Violacein: Properties and Production of a Versatile Bacterial Pigment. BioMed Research International Volume 2015, Article ID 465056, <http://dx.doi.org/10.1155/2015/465056> Zugriff: 18.11.18

VENIL, ZAKARIA, AHMAD (2013): Bacterial pigments and their applications. In: Process Biochemistry, 48. Ausgabe, Elsevier.

SAUERMOST, FREUDIG (1999) Lexikon der Biologie: Bakterien. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg

bilderverzeichnis

ALL NATURAL DYE: <http://www.allnaturaldyeing.com>. Zugriff: 18.12.2018

AUDREY CHIEZA NATSAI: <https://www.ginkgobioworks.com/2018/04/11/creative-in-residence/> Zugriff: 18.12.2018

BOLT THREADS: <https://boltthreads.com> Zugriff: 18.12.2018

LARRY C. PRICE: In The Toxics Beneath Our Feet. The World's Worst Pollution Problems 2016, Pure Earth an Green Cross Switzerland, S.9

KROWN DESIGN: <https://www.krown-design.com>. Zugriff: 18.12.2018

MYCOWORKS: <http://cdn.trendhunterstatic.com/thumbs/mycoworks.jpeg>. Zugriff: 18.12.2018

TAMARA HOOGEWEEGEN: <http://www.tamarahoogeweegen.com/posterustextilus.html>. Zugriff: 18.12.2018

Falls nichts anderes vermerkt, wurden die Bilder von Lysanne Stroomeer gemacht.

ursprüngliches konzept

INHALTSVERZEICHNIS

Abstract	3
Relevanz & Fragestellung	3
Inhalte	3
Kontext	4
Produkt	4
Ästhetik / Material	4
Zielgruppe	5
Emotionalität	5
Vorgehensweise	5

KONZEPT

Abstract

Meine Idee ist es, mit der Hilfe von Bakterien Textilien mit organischen Formen einzufärben. Somit soll die Verbindung von Natur, Wissenschaft und Kreativität untersucht und nutzbar gemacht werden.

Motivation

Während der Initialisierungswoche im Februar habe ich beim Sichten meiner bis anhin entstandenen Arbeiten realisiert, dass mich eine grosse Faszination für natürliche Prozesse umtreibt. Inwiefern kann man organische Entwicklungen ablaufen lassen, oder bewusst in sie eingreifen. So bin ich auf die Frage gestossen, wie man Mikroorganismen für einen gestalterischen Prozess nutzbar machen könnte und um die Schnittstelle zwischen Atelier und Labor zu untersuchen.

Relevanz & Fragestellung

Seit geraumer Zeit beschäftige ich mich vermehrt mit der Beziehung von Menschen und Objekten. Mir scheint es, als hätten wir den Bezug und die Wertschätzung zu den uns umgebenden Produkten verloren. Dadurch, dass der Grossteil davon industriell gefertigt wurde und wir den Überblick über die Produktionsketten verloren haben, trägt dazu sicherlich bei. Diese Arbeit wird natürlich nicht alle diese Probleme lösen, aber vielleicht macht es den Betrachter ein wenig aufmerksamer. Was heisst einen Stoff zu färben, oder wie können wir die Kleinstlebewesen genau dafür nutzbar machen? Mit meiner Arbeit möchte ich aufmerksam machen auf die Vielzahl von Organismen, welche uns umgeben und denen wir eigentlich mehr Misstrauen als Freude entgegenbringen. Es ist dieser Gegensatz

von Ekel/Abstossung und Ästhetik/Anziehung, den ich untersuchen will.

Bis Mitte des 19. Jahrhunderts hat man nur mit natürlichen Färbemitteln gearbeitet. Dies änderte sich schlagartig, als die synthetischen Färbemittel aufkamen. Die globale Textilindustrie lässt dabei jährlich 40'000 – 50'000 Tonnen Färbemittel ins Wassersystem. Diese schadet nicht nur der Umwelt, sondern auch den Menschen und Tieren welche mit den Schwermetallen etc in Berührung kommen. Pflanzen und Mikroorganismen sind die zwei grössten Quellen von natürlichen Pigmenten. Pflanzliche Pigmente haben jedoch Einschränkungen indem sie instabiler gegenüber Licht und Hitzesind, eine limitierte Farbpalette haben und zwar im vergleich zu synthetischer Färbung immer noch weniger, doch noch recht viel Wasser benötigen.

Dahingegen produzieren Bakterien gewisse farbige Moleküle, zum Beispiel Pigmente wie Carotenoide oder Violacein. Alle diese Farben sind abbaubar und umweltfreundlich. Sie haben zudem einige positive klinische Eigenschaften, wie dass sie antioxidativ, antibiotisch, krebs-hemmend, antiviral und antibakteriell sind. Dies könnte ein Vorteil für unsere grösstes Organ, die Haut sein, welches so „sichere“ Mengen von Schadstoffen absorbieren könnte.¹

Was bei dieser Arbeit wahrscheinlich schwierig sein wird, ist es um mir das nötige Wissen herbeizuholen und ein geeignetes Arbeitsumfeld zu kreieren. Idealerweise könnte ich in einem Labor Arbeiten oder mir selbst einen ähnlichen Raum einrichten, da es wahrscheinlich doch ziemlich streng riechen wird. Dies erfordert eine gewisse Weitsicht und Planung.

Inhalte

Als Konsumenten werden wir uns immer mehr bewusst über die Mikroverschmutzung innerhalb

von Produkten und Prozessen. Ein Objekt, dass normalerweise aus dem herkömmlichen Konsumzyklus fällt, geht nicht einfach weg, sondern verliert seinen Wert und endet irgendwo auf einer Deponie oder einem Flussbett. Was ist aber wenn man etwas so wertloses wie Mikroben aus der Erde nutzt, um wiederum ein wertvolles Objekt herzustellen?

Kontext

Bei meiner Recherche bin ich auf einige Künstlerpositionen gestossen. So etwa die Österreicherin *Sonja Bäumel*, welche zwischen verschiedene Disziplinen wie Kunst, Design, Fashion oder im biologischen Bereich arbeitet.

Auch das *Studio Datsai Audrey Chieza* bewegt sich an der Schnittstelle von Design, Biologie und Technologie. Sie haben sehr viele Möglichkeiten und arbeiten mit Wissenschaftlern zusammen. Ich möchte im Unterschied wie sie versuchen den gestalterischen Prozess selbst zu erfahren, zu vereinfachen und für andere zugänglich zu machen.



Abb.1 Seidenfoulard von Datsai Audrey Chieza

Produkt

Einerseits möchte ich mit meiner ästhetischen Forschung selbst eine Annäherung mit den unterschiedlichsten Herangehensweisen an die Thematik erfahren.

Andererseits könnte ich es mir auch sehr gut vorstellen, dass zudem eine Art DIY-Set entsteht. Bei dem auch andere ohne ein steriles Arbeitsumfeld aus zum Beispiel einer Stichprobe Erde

¹ www.researchgate.net/publication/241698697_Bacterial_pigments_and_their_applications

ein pigmentproduzierendes Bakterien isolieren und ihre eigenen Textilien damit färben können. Dadurch, dass man mit dem Set direkt zum Empfänger geht, erhoffe ich mir eine persönliche Beziehung zwischen Natur, Wissenschaft und Kreativität zu fördern. Die unsichtbare Welt der Mikroorganismen um uns herum wird so sichtbar gemacht. Es macht Biodesign nahbar und stösst an, die Welt von einer anderen Perspektive anzuschauen.

Ich denke, dass es kein Zufall ist, dass DIY-Systeme seit geraumer Zeit sehr beliebt sind. Denn es wird erst einmal das Bewusstsein und damit die Wertschätzung gegenüber dem Material und dem Produkt gestärkt, andererseits aber auch die Selbstwirksamkeit dabei gefördert.

Denn wenn man ein T-Shirt für fünf Franken kauft muss man nicht einmal mit der Wimper zucken, um es nach einer Saison wegzuerwerfen, jedoch wenn die Grossmutter, oder man sogar selbst sich Socken strickt, tut man reichlich mehr daran, dass sie möglichst lange halten. Über die Handlung des „Selbermachens“ erhält man eine Beziehung zum Objekt. Es wäre deshalb spannend ebenfalls in diese Richtung zu arbeiten. Dies setzt aber überhaupt voraus, dass ich selbst zu einem befriedigenden Prozess gelange.

Ästhetik / Material

Ich habe eine Faszination für die Ästhetik von Forschungseinrichtungen mit ihren besonderen Materialien und Werkzeugen: Molekülstrukturen, Petrischalen und Reagenzgläser dienen mir als Inspiration für Installationen, Gestaltungsprozesse oder gewisse Bilder.

Im Verlauf des Studiums wird mir immer wieder bewusst, wie mich zudem die Materialität von Textilien anzieht, auch wenn ich nicht ein aussergewöhnliches Faible für Mode habe. Ich denke, dass es daher kommt, dass sie unglaublich vielfältig und wandelbar sind und man das Unterschiedlichste damit ausdrücken kann.

In meiner Arbeit wird die Ästhetik allgemein stark vom noch nicht voraussehbaren

Forschungsprozess abhängig sein. Ich kann mir aber vorstellen, dass die Farben eher zurückhaltend sind und die Formen organisch.

In der Recherche habe ich bis jetzt herausgefunden, dass Seide sich durch ihre Offenporigkeit die Färbung wahrscheinlich sehr gut annehmen wird. Ich könnte mir aber auch gut vorstellen mit anderen Materialien zu experimentieren.

Für die Bakterienkulturen werde ich einmal mit *Janthinobacterium lividum* (Vorkommen: hauptsächlich Erde, violett), *Arthrobacter agilis* (Vorkommen: Erde, rot), *Micrococcus luteus* (Vorkommen: Menschenhaut, Wasser, Staub und Erde, gelb) beginn, je nach dem aber auch noch mit anderen ausprobieren.

Zielgruppe

Meine Arbeit wendet sich an alle Menschen, die sich Gedanken über die Textilindustrie machen, und nach alternativen Färbemitteln suchen. Allgemein soll es über die Ästhetik den Betrachter anziehen und in einem zweiten Schritt zum Nachdenken bewegen. Falls ich DIY-Kit mache, kann eigentlich in jedem/r das Kind geweckt werden wie früher mit den Experimentierkästen auszuprobieren.

Das Projekt soll Menschen zum Denken und Handeln anregen. Das Bewusstsein über Materialität stärken.

Vorgehensweise

Ich werde mit der Methode der ästhetischen Forschung arbeiten und meine Ergebnisse und Erkenntnisse daraus jeweils in einem Arbeitstagebuch festhalten.

Zudem werde ich im Sommer meine Recherche fortsetzen und mit Fachleuten sprechen.

Die ersten vier Wochen zu Semesterstart gebe ich mir selbst, um so viel wie möglich auszuprobieren und zu experimentieren, um dann ein Endprodukt zu definieren. Von Woche 5-10 mache ich dann die Umsetzung und die drei letzten Wochen nutze ich fürs Ordnen und die Dokumentation.

Bis jetzt habe ich folgende Schritte unternommen:

Oktober-Juni	Baumwollstoff der Witterung ausgesetzt
22.06.18	Fotografien eines verstopften Abflusses in der Waschküche
08.07.18	Agarplatten angesetzt und mit unterschiedlichen in Berührung gebracht Schimmel direkt auf Stoff gesetzt
12.07.18	Kontaminierte Petrischalen fotografisch festgehalten
16.08.18	Aquarell gemalt, inspiriert von den Petrischalen
18.07.18	Gezüchtete Organismen auf Baumwollstoff übertragen



Abb. 3 Fotografie: Verstopfter Abfluss



Abb. 4 Verwittertes Baumwolltuch

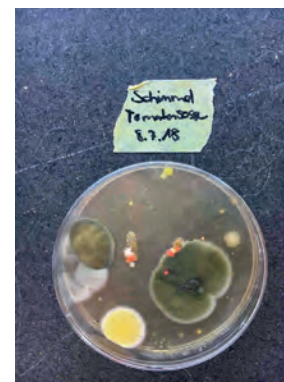


Abb. 2 Schimmel Tomatensosse nach 10 Tagen

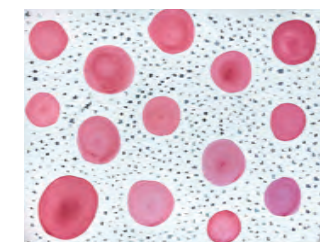


Abb. 5 Aquarell auf Papier



Abb. 6 Bakterienkulturen auf Stoff

