

Kombucha – ein Stoff der Zukunft?

Eine Nachhaltigkeitsanalyse zum Werkstoff
Kombucha

Hochschule Luzern – Design & Kunst

Bachelorarbeit

Kombucha – ein Stoff der Zukunft?

Eine Nachhaltigkeitsanalyse zum Werkstoff
Kombucha

Textildesign, 6. Semester

Luzern, Mai 2019

Eingereicht bei
Jonas Leysieffer

Vorgelegt von
Ramona Teller
Hubelstrasse 44
6012 Obernau
0793184507
rteller94@gmail.com

Abgabedatum: 20.05.2019

Zeichenzahl: 34633

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Bedeutung der Nachhaltigkeit	7
3	Methoden von Lebenszyklusanalysen	11
4	Kombucha-Material und seine Umweltauswirkungen	15
5	Vergleich und Ausblick	25
6	Fazit	29
7	Quellen	31
	7.1 Literaturverzeichnis	31
	7.2 Internetverzeichnis	32
	7.3 E-Mails	36
	7.4 Abbildungsverzeichnis	36
8	Anhang	39

01

Einleitung

„Pilze lassen das Holz nicht nur faulen – sie verschönern es auch“¹. In diesem aktuellen SRF-Beitrag vom Mai 2019 machten Pilze auf sich aufmerksam. Dass er als Werkstoff ein vielversprechender Rohstoff ist, zeigen auch Forschungen, die in jüngster Vergangenheit rund um das Material stattfinden. Grund dafür ist unter anderem die hohe Bevölkerungsdichte von rund 7.5 Milliarden Menschen und die knapper werdenden und schwindenden Ressourcen. Eine neue, alternative, nachhaltige und nachwachsende Ressource scheinen Forscher² und Designer mit dem Material Pilz, welches nicht nur ressourcenschonend wächst, sondern auch zu 100% biologisch abbaubar ist, gefunden zu haben.³ So stellen erste Modelabels aus dem Teepilz Kombucha oder aus dem Fruchtkörper des Zunderschwammes ein lederähnliches Material her.⁴ Andere wiederum forschen mit dem Myzel⁵, woraus neben Verpackungsmaterialien bereits erste Prototypen von Kleidung entstanden sind.⁶

Die gestalterische Arbeit, die diese schriftliche Bachelorarbeit begleitet, untersucht den Werkstoff Kombucha aus Sicht des Textildesigns, wobei verschiedene Materialexperimente und -samples entstehen. Beim Kombucha handelt es sich um einen Pilz, der auf einer mit Zucker gemischten Grün- oder Schwarzteebasis wächst. Die säurebeständigen Hefebakterien des Pilzes

¹ Breu 2019.

² Diese Formulierung beinhaltet im Folgenden sowohl die männliche als auch weibliche Form.

³ Ecovative Design 2019.

⁴ ZVNDER 2019, Kojina 2017.

⁵ Myzel ist ein fadenförmiges, oftmals unsichtbares Zellgeflecht, welches sich im Boden befindet. Das Myzel ist somit im Gegensatz zum Fruchtkörper des Pilzes nicht sichtbar, macht jedoch den Hauptbestandteil des Pilzes aus. Biologie-Lexikon 2013.

⁶ Ecovative Design 2019.

ernähren sich vom Tee und Zucker.⁷ Während des Gärprozesses entsteht oberhalb des Mutterpilzes ein neuer Pilz, der weiter angepflanzt und vermehrt oder geerntet und getrocknet werden kann. Als Nebenprodukt dieses Prozesses entsteht ein Getränk. Im trockenen Zustand erhält er eine lederähnliche Optik und Haptik. Dass er momentan noch nicht wasserbeständig ist, scheint durch die effiziente und ressourcenschonende Produktionsweise des Materials in den Hintergrund zu geraten. Vielmehr wird es bereits als Bioleder vermarktet oder als *die* nachhaltige Alternative zu herkömmlichen Textilien angepriesen.⁸ Da Biobaumwolle zu einer der nachhaltigsten Fasern zählt, lässt sich die Hypothese ableiten, dass der Werkstoff Kombucha nachhaltiger als Biobaumwolle ist. Allerdings gibt es noch keinerlei Studien, die die Nachhaltigkeit des Werkstoffes Kombucha beweisen oder den ressourcenschonenden Produktlebenszyklus in Form eines Life Cycle Assessments (LCA) oder Life Cycle Thinkings (LCT) belegen.⁹ Für einen Designer sind jedoch die Fakten bezüglich einer nachhaltigen Produktion von entscheidender Bedeutung. Denn sie können die Entscheidung, ob mit dem Werkstoff gearbeitet wird oder nicht, beeinflussen. So ist es auch das Ziel der gestalterischen Arbeit, eine nachhaltige Alternative zu herkömmlichen Textilien zu präsentieren, weshalb diesem Aspekt eine grosse Bedeutung zukommt. Allerdings muss dazu geklärt werden, was nachhaltig bzw. Nachhaltigkeit bedeutet. Ausserdem können Analysen zu den einzelnen Produktlebenszyklen Aufschluss darüber liefern, welche Umweltauswirkungen ein Kombucha-Material mit sich bringt. Erst der Vergleich zur nachhaltigen Biobaumwolle¹⁰ zeigt, ob der Werkstoff Kombucha tatsächlich auch als eine Alternative zu dieser gehandelt werden kann.

Um einen Überblick über die Bedeutung der Nachhaltigkeit zu schaffen, wird in einem ersten Schritt dieser Begriff erklärt. In einem weiteren Schritt werden verschiedene Methoden aufgezeigt, welche den Lebenszyklus oder einzelne Phasen davon analysieren. Anhand dieser Methoden wird eine geeignete Strategie zurechtgelegt, welche es einem Designer ermöglicht, ausgewählte Lebensphasen eines Kombucha-Materials, in einem angemessenen Zeitraum

⁷ Kombucha 2019.

⁸ Neffa 2019.

⁹ Die Methode des LCA, wie auch des LCT, werden im Kapitel 3 erklärt.

¹⁰ Biobaumwolle gilt aufgrund ihrer reduzierten Umweltauswirkungen, als eine sehr nachhaltige Faser. Aboutorganiccotton 2019, Vgl. Kapitel 5.

und mit geeigneten Parametern, zu untersuchen. Durch diese Analyse können ein Überblick über die Auswirkungen einer kleinen Produktionsmenge des Werkstoffes gewonnen und erste Tendenzen erkannt werden. Als Fazit wird die aufgestellte Hypothese erörtert und in einer persönlichen Stellungnahme soll aufgezeigt werden, inwiefern Kombucha für einen Designer eine interessante Alternative zu herkömmlichen Rohstoffen darstellt.

02

Bedeutung der Nachhaltigkeit

Die inflationäre Verwendung des Begriffes Nachhaltigkeit führt dazu, dass immer häufiger Schwierigkeiten und Verständnisfragen bezüglich der Bedeutung und Anwendung dieser Bezeichnung auftauchen. Die für das Verständnis wichtige Transparenz des Begriffes wird immer undurchsichtiger. Ohnehin lässt sich Nachhaltigkeit nicht eindeutig definieren.¹¹ Allerdings lassen sich in deren Geschichte immer wieder ähnliche Konstanten ablesen, die auch das heutige Verständnis prägen. In diesem Kapitel soll mit Hilfe eines kurzen historischen Rückblicks geklärt werden, was wir heute unter dem Begriff Nachhaltigkeit verstehen und welche Kernelemente darin enthalten sind.

Das erste Mal wurde der Begriff von Hans Carl von Carlowitz (1645-1714), einem sächsischen Oberhauptmann, in seinem Werk *“Sylvicultura oeconomica”* verwendet.¹² 1713 schrieb er erstmals über die Holzverknappung und den nachhaltigen Umgang mit Ressourcen. Carlowitz suchte dabei nach verschiedenen Definitionsansätzen über den schonenden Gebrauch von Holz, bis er schliesslich folgende Aussage zu Papier brachte: „[...] wie eine sothane Conservation und Anbau des Holtzes anzustellen/ dass es eine continuirliche beständige und nachhaltende Nutzung gebe/ weiln es eine unentberliche Sache ist/ ohne welche das in seinem Esse nicht bleiben mag.“¹³ Mit diesem ressourcenökonomischen Prinzip, das ermöglicht, Ressourcen so zu nutzen, dass sie dauerhaft Ertrag bringen, wurden die Weichen für das heutige Nach-

¹¹ Lexikon der Nachhaltigkeit 2019, Suchwort: Nachhaltigkeit Definition.

¹² Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2014.

¹³ Von Carlowitz 1713, S. 105-106.

haltigkeitsverständnis gestellt.¹⁴ In den darauffolgenden 300 Jahren wurde die Nachhaltigkeit immer wieder aufgegriffen, wobei erst im 20. Jahrhundert das Bewusstsein für Probleme wie Umweltverschmutzung und Ressourcenerschöpfung immer mehr an Bedeutung gewann.¹⁵ Erste Konferenzen fanden zu Beginn des 20. Jahrhunderts statt, wobei ab den 1970er Jahren sich das Interesse am Umweltschutz intensivierte. Da der Begriff der Nachhaltigkeit sehr viele Handlungsfelder vereint, wurden der Nachhaltigkeit die drei Aspekte der sozialen, ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit zugeordnet.¹⁶ Forschende verknüpften diese Nachhaltigkeitsaspekte miteinander und sprachen von einem Gleichgewichtszustand, der nur durch Gleichberechtigung aller drei Bereiche und weltweiten Massnahmen erreicht werden könne. Der englische Begriff sustainable wurde 1972 erstmals im Bericht an den Club of Rome über die "Grenzen des Wachstums"¹⁷ verwendet.¹⁸ In der Folge gewann der Begriff an Bedeutung, denn der alarmierende Bericht handelt von einem tragfähigen Weltsystem¹⁹ und zeigt die düsteren Auswirkungen für die Erde auf, wenn die Menschheit nicht ressourcenverträglicher wird.²⁰ Bis heute gibt es zahlreiche Konferenzen, bei denen Lösungen für die zunehmenden Umweltproblematiken gesucht und erarbeitet werden.²¹ Während Nachhaltigkeit auf einen Zustand bzw. auf Beständigkeit verweist, wurde im Laufe der Zeit festgestellt, dass Nachhaltigkeit nur durch Entwicklungen und Prozesse, welche die Beziehung zwischen Mensch und Biosphäre verbessern, erreicht werden kann.²² Daher wurde 1980 erstmals sustainable development als eine bewusste Wortverbindung verwendet.

¹⁴ Pufé 2017, S.38, Grober 2006, S.117.

¹⁵ Pufé 2017, S.63.

¹⁶ Pufé 2017, S.40.

¹⁷ Dieser Bericht ist eine Forschungsarbeit, welche die Ursachen des Wachstums der Weltbevölkerung und der Industrie sowie auch die Folgen des Verbrauches an Rohstoffen aufzeigt. Es wurde ein düsteres Zukunftsbild aufgezeigt. Deshalb wurde mit dem Club of Rome eine freiwillige Begrenzung des industriellen Wachstums sowie auch eine Umorientierung auf mehr Lebensqualität empfohlen. Bundeszentrale für politische Bildung 2019.

¹⁸ Grober 2006, S.220.

¹⁹ Unter einer Weltsystem-Theorie wird eine Entwicklungstheorie verstanden, welche die Beziehungen zwischen Gesellschaften und deren Veränderungen analysiert. Educalingo 2019, Grober 2006, S.20.

²⁰ Pufé 2017, S.39-40.

²¹ Pufé 2017, S.64.

²² Pufé 2017, S.43, Grober 2006, S.249.

Nachhaltige Entwicklung ist eine Erweiterung des Begriffes der Nachhaltigkeit und beschäftigt sich mit Entwicklungen, die künftigen Generationen gewährleisten, dass ihre Bedürfnisse ebenso befriedigt werden können, wie bei den jetzt Lebenden. Mögliche Ansätze, die das Erreichen dieses Zieles verfolgen, vereinen die oben genannten Handlungsfelder der Nachhaltigkeit. Dabei wird oftmals von den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit gesprochen.²³ Um die Relevanz der drei Bereiche und deren Zusammenspiel zu veranschaulichen, wurden verschiedene Modelle entwickelt, welche aufzeigen, wie wichtig die Gleichbehandlung aller drei Aspekte ist.²⁴

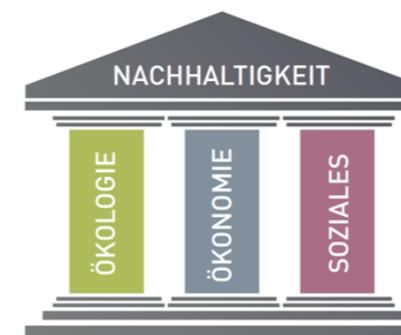


Abb.1 Drei-Säulen Modell der Nachhaltigkeit, wurde anschliessend an den Brundtland-Bericht 1987 entwickelt.

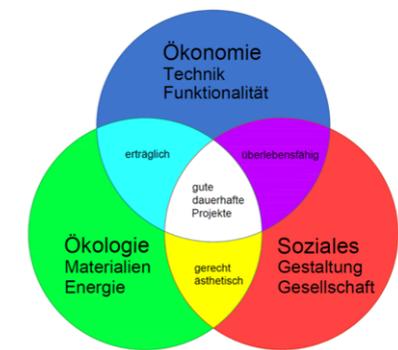


Abb.2 Das Schnittmengenmodell der Nachhaltigkeit.

Ein Beispiel dazu ist das Drei-Säulen Modell²⁵ (Abb.1). Das Zusammenspiel bzw. die Überschneidungen zwischen den einzelnen Bereichen sind durch die für sich stehenden Säulen nicht sichtbar. Um die Beziehung zwischen den einzelnen Nachhaltigkeitsaspekten besser zu veranschaulichen wurde das Schnittmengenmodell²⁶ entwickelt (Abb.2). Für das Verständnis dieser Modelle ist es wichtig, die Ziele der einzelnen Dimensionen zu verstehen. Die ökologische Nachhaltigkeit besagt, dass ein System nur soweit genutzt werden darf, dass die natürlichen Ressourcen stets vorhanden bleiben und der Fortbestand des Ökosystems garantiert werden kann.²⁷

²³ Pufé 2017, S.99-100.

²⁴ Pufé 2017, S.110.

²⁵ Lexikon der Nachhaltigkeit 2019, Suchwort: Drei Säulen Modell.

²⁶ Pufé 2017, S.112.

²⁷ Gabler Wirtschaftslexikon 2019, Suchwort: ökologische Nachhaltigkeit, Pufé 2017, S.100-102.

Aus der ökonomischen Perspektive wird das umwelt- und sozialverträgliche Wirtschaften befürwortet. Das Ziel der ökonomischen Perspektive ist es, möglichst dauerhafte und langfristige wirtschaftliche Erträge zu erzielen. Dabei soll das Wachstum der natürlichen Ressourcen nicht gehemmt werden.²⁸ Bei der sozialen Nachhaltigkeit steht der Mensch im Zentrum und die auf ihn ausgerichtete Nutzung eines sozialen oder kulturellen Systems. Von besonderer Bedeutung ist das Aufrechterhalten der Vitalität, Organisation und Widerstandsfähigkeit eines Systems, beispielsweise durch Verbesserungen der Bildung oder sozialen Einrichtungen.²⁹ Ausserdem werden auch Lösungen für das Aufheben der Verteilungsprobleme verschiedener Schichten, Regionen und der Diskriminierung gesucht. Institutionen, die Ressourcen wie Toleranz, Integrationsfähigkeit und Gerechtigkeit fördern, verfolgen besonders diese Dimension der Nachhaltigkeit.³⁰

Damit tatsächlich von einem nachhaltigen Material gesprochen werden kann, müssen alle drei Dimensionen der Nachhaltigkeit miteinbezogen werden. Alle Aspekte stehen in einem engen Zusammenhang und das Erfüllen der einen Dimension hat Auswirkungen auf das Erreichen der anderen. Da die Experimente der gestalterischen Arbeit vorerst auf eine kleine Produktion in der Schweiz ausgelegt sind, können nicht alle Aspekte miteinbezogen werden. So kann die soziale Nachhaltigkeit hauptsächlich beim Einkauf der Rohstoffe berücksichtigt werden, z.B. durch das Kaufen von Fairtrade-Produkten. Erst bei einer späteren industriellen Produktion kann dieser Aspekt weiter vertieft und beachtet werden, indem beispielsweise faire Arbeitsbedingungen mit fairen Löhnen geschaffen werden. Der Grundstein für die ökonomische Dimension wird bereits bei der Entwicklung eines Materials (z.B. nachhaltige Rohstoffe) gelegt. Allerdings ist diese Dimension vor allem zu einem Zeitpunkt von Bedeutung, an dem das Material bzw. Produkt marktreif ist. Dem ökologischen Aspekt kann bereits während des Experimentierens Beachtung geschenkt werden, z.B. durch sorgsamen Umgang mit den Rohstoffen, den Bezug von lokalen Materialien oder auch durch den Verzicht von Chemikalien. Im Rahmen der gestalterischen Arbeit sowie der schriftlichen Analyse wird besonders die ökologische Dimension berücksichtigt.

²⁸ Stallone 2019.

²⁹ Gabler Wirtschaftslexikon 2019, Suchwort: soziale Nachhaltigkeit.

³⁰ Pufé 2017, S.102.

03

Methoden von Lebenszyklusanalysen

Viele Umweltauswirkungen eines Produktes bzw. eines Materials sind auf den ersten Blick nicht sichtbar, was zu verfälschten Aussagen bezüglich der Nachhaltigkeit eines Produktes führt. Es gibt verschiedene Tools und Methoden, um die verschiedenen Umweltauswirkungen eines Produktes aufzuzeigen. Es können der gesamte Lebenszyklus oder einzelne Phasen davon wie Rohstoffgewinnung, Design, Verpackung, Gebrauch und Entsorgung untersucht werden. Die Ansätze dafür reichen von philosophischen, konzeptionellen bis zu empirischen Herangehensweisen.³¹ In der Praxis werden oftmals verschiedene Methoden parallel verwendet oder als Ergänzung der anderen kombiniert.³² Zwei dieser Praktiken, mit unterschiedlichen Herangehensweisen, werden im Folgenden kurz erläutert. Das Ziel ist, eine geeignete Strategie zu finden, um eine Analyse zu den einzelnen Lebensphasen des Kombucha-Materials zu durchzuführen.

Eine wissenschaftliche und sehr komplexe Methode für eine Lebenszyklusanalyse ist die Ökobilanz. Oftmals wird der englische Begriff Life Cycle Assessment (LCA) dafür verwendet. Das LCA unterliegt strengen Normen, welche die Auswirkungen eines Produktes bzw. dessen Produktion auf die Umwelt sichtbar machen.³³ Allerdings bleiben die ökonomischen und sozialen Aspekte bei einer Ökobilanz unberücksichtigt. Wichtig für das Verständnis eines LCAs ist, dass die Resultate je nach Systemgrenze stark voneinander abweichen

³¹ Acaroglu 2018.

³² Diepenbrock 2014, S. 219.

³³ Türk 2014, S.72-74.

und die Aussagekraft des Ergebnisses beeinflussen können. Unter Systemgrenze wird der zu untersuchende Rahmen verstanden. Diese Grenzen können von technischen, geografischen sowie auch zeitlichen Faktoren abhängig sein. Ausserdem ist es möglich, dass einige Lebensphasen unberücksichtigt bleiben, wodurch sich der Untersuchungsrahmen stark verkleinert.³⁴ Das Weglassen ganzer Lebenswegabschnitte kann dann Probleme mit sich bringen, wenn die weggelassenen Phasen eine besonders einschneidende Wirkung auf die Umwelt haben. Wenn allerdings eine vorläufige Abschätzung zeigt, dass die entsprechenden Phasen keinen entscheidenden oder nur einen kleinen Einfluss auf die Umwelt haben, ist das Weglassen gerechtfertigt.³⁵ Für einen aussagekräftigen Vergleich von zwei Bilanzen ist entscheidend, dass diese ähnliche Lebensabschnitte und Systemgrenzen analysieren. Das Erstellen einer Bilanz, die Datenbeschaffung bzw. Berechnung setzt nicht nur das entsprechende mathematische und wissenschaftliche Know-how voraus, sondern ist auch sehr zeitaufwändig. Das Erstellen von Ökobilanzen ist ein sehr kostspieliger Vorgang und nur die wenigsten Firmen können es sich leisten, eine solche erstellen zu lassen.

Eine vereinfachte bzw. konzeptionelle Methode, die für Praktiker entscheidende Vorteile bietet, ist das Life Cycle Thinking (LCT). Ähnlich wie beim LCA wird auch hier oftmals der gesamte Lebenszyklus eines Produktes analysiert. Im Vergleich zur Ökobilanz bietet das LCT die Möglichkeit, nicht nur die ökologischen, sondern auch die sozialen und wirtschaftlichen Aspekte zu berücksichtigen.³⁶ Das Ziel eines LCTs liegt darin, die negativen Auswirkungen eines Produktes während seines gesamten Lebenszyklus zu verbessern. Dabei sollen für die vermeintlich negativen Auswirkungen Lösungsansätze gesucht und gefunden werden, welche die Verlagerung von Belastungen verhindern.³⁷ Im Vergleich zu einem LCA braucht es für das Erstellen eines LCTs keine Fachperson, sondern ein grundsätzliches Verständnis für den Aufbau eines Produktlebenszyklus reicht aus. Das LCT ist ein Denk- und Entscheidungswerkzeug, das helfen kann, einzelne Phasen eines Produktes zu analysieren und einen Zusammenhang zum gesamten Zyklus zu schaffen. Um ein LCT zu erweitern, besteht die Möglichkeit,

³⁴ Klöpffer 2009, S. 28-36, Türk 2014, S.74.

³⁵ Klöpffer 2009, S.28-29.

³⁶ Life Cycle Initiative 2019.

³⁷ Acaroglu 2018.

eine Input-Output-Analyse zu den entsprechenden Lebensphasen zu erstellen, beispielsweise mit Daten aus Ökobilanzen.³⁸

Um die Frage der ökologischen Nachhaltigkeit zu klären, gilt es sich eine geeignete Strategie zurechtzulegen, welche passend für die kleine Produktionsmenge der Experimente ist. Sowohl das LCA wie auch das LCT haben einige interessante Ansatzpunkte. Nun werden aus beiden Methoden die Punkte herausgegriffen, welche für einen Designer, der am Anfang einer Produkt- oder Materialentwicklung steht, von Bedeutung sind. Wie bei einem LCA wird nur der ökologische Aspekt berücksichtigt. Damit die zu analysierenden Daten in einem begrenzten Rahmen bleiben, wird ebenfalls eine Systemgrenze gezogen. Um die im Untersuchungsrahmen enthaltenen Phasen zu analysieren, ist für ein Designer die Methode des LCTs sehr geeignet. So können erste Tendenzen erkannt werden und die entsprechenden Lebensphasen werden mit Daten einer Input-Output-Analyse erweitert. Allerdings können im Rahmen dieser Arbeit nicht alle In- und Outputs gemessen werden. Deshalb müssen einige Parameter definiert werden, um die ökologischen Auswirkungen zu messen. Geeignete Anhaltspunkte für die Auswahl der Parameter liefert das GAPFRAME, welches die Sustainable Development Goals³⁹ in national relevante Themen und messbare Indikatoren übersetzt hat.⁴⁰ Die Themen werden in vier unterschiedliche Bereiche unterteilt (Abb.3). Für die Analyse des ökologischen Aspektes des Kombucha-Materials scheint der Bereich Planet als besonders passend, um daraus einige Parameter abzuleiten. Zu beachten gilt, dass die Parameter so zu wählen sind, sodass sie aus den Experimenten ablesbar sind. Deshalb werden folgende Parameter bei der Input-Analyse untersucht: Wasser-, Energieverbrauch und Einsatz von schädlichen Pestiziden. Der Output wird an den CO₂-Emissionen, den Abfällen und den Schadstoffen für die Umwelt gemessen.

³⁸ Diepenbrock 2014, S.218-219.

³⁹ Diese Ziele sind das Kernstück der Agenda 2030. Sie sollen bis 2030 global sowie auch von den UNO-Mitgliedstaaten erreicht werden. Sie beinhalten alle Dimensionen der Nachhaltigkeit und führen zum ersten Mal nachhaltige Entwicklung und Armutsbekämpfung zusammen.

⁴⁰ GAPFRAME 2019, Methodology, GAPFRAME Methodology.

Kombucha-Material und seine Umweltauswirkungen



Abb.3 Die Einteilung der messbaren Indikatoren für die Sustainable Development Goals, nach GAPFRAME.

Um die Frage der ökologischen Nachhaltigkeit des Kombucha-Materials zu klären oder eine Tendenz zu erkennen, werden in diesem Kapitel die ersten beiden Lebensphasen des Materials – die Rohstoffgewinnung und Verarbeitung – analysiert. Das Ziel der gestalterischen Arbeit liegt darin, den Werkstoff Kombucha durch verschiedene Produktionsmöglichkeiten so zu bearbeiten, dass er zu einem späteren Zeitpunkt Anwendung im Alltag finden kann. Daher liegt der Fokus der Experimente auf der Rohstoffgewinnung bzw. der Produktion. Die weiteren Lebensphasen wären dann von Bedeutung, wenn das Kombucha-Material eine besondere Verpackungsmethode voraussetzt, die im Vergleich zu anderen Produkten aussergewöhnlich viele bzw. wenige Umweltauswirkungen hat. Wie viele andere Produkte, kann das Kombucha-Material beispielsweise in einer Kartonschachtel versendet werden. Um die Phase des Gebrauches und der Pflege genauer zu analysieren, müsste weitere Forschung über die Wasserresistenz und die Reinigung des Materials betrieben werden. Erst dann wäre eine genauere Betrachtung dieser Phase genug aussagekräftig, um diese mit Phasen anderer Produkte zu vergleichen. Momentan würden die Daten noch auf Annahmen basieren, wodurch das Resultat verzerrt und die Analyse verfälscht würde. Ebenso wie die Gebrauchsphase, ist auch beim letzten Lebensabschnitt eines Produktes – Entsorgung und Recycling – noch vieles ungeklärt. Kombucha ist zwar biologisch abbaubar, wie lange dieser Prozess dauert und ob es eine Möglichkeit gibt, das Material zu recyceln, ist noch unklar und es gibt momentan keine Daten dazu. In Abbildung 4 sind die gesamten Lebensphasen des Kombucha-Materials dargestellt, der rote Rahmen zeigt dabei die Systemgrenze bzw. die zu analysierenden Lebensabschnitte.

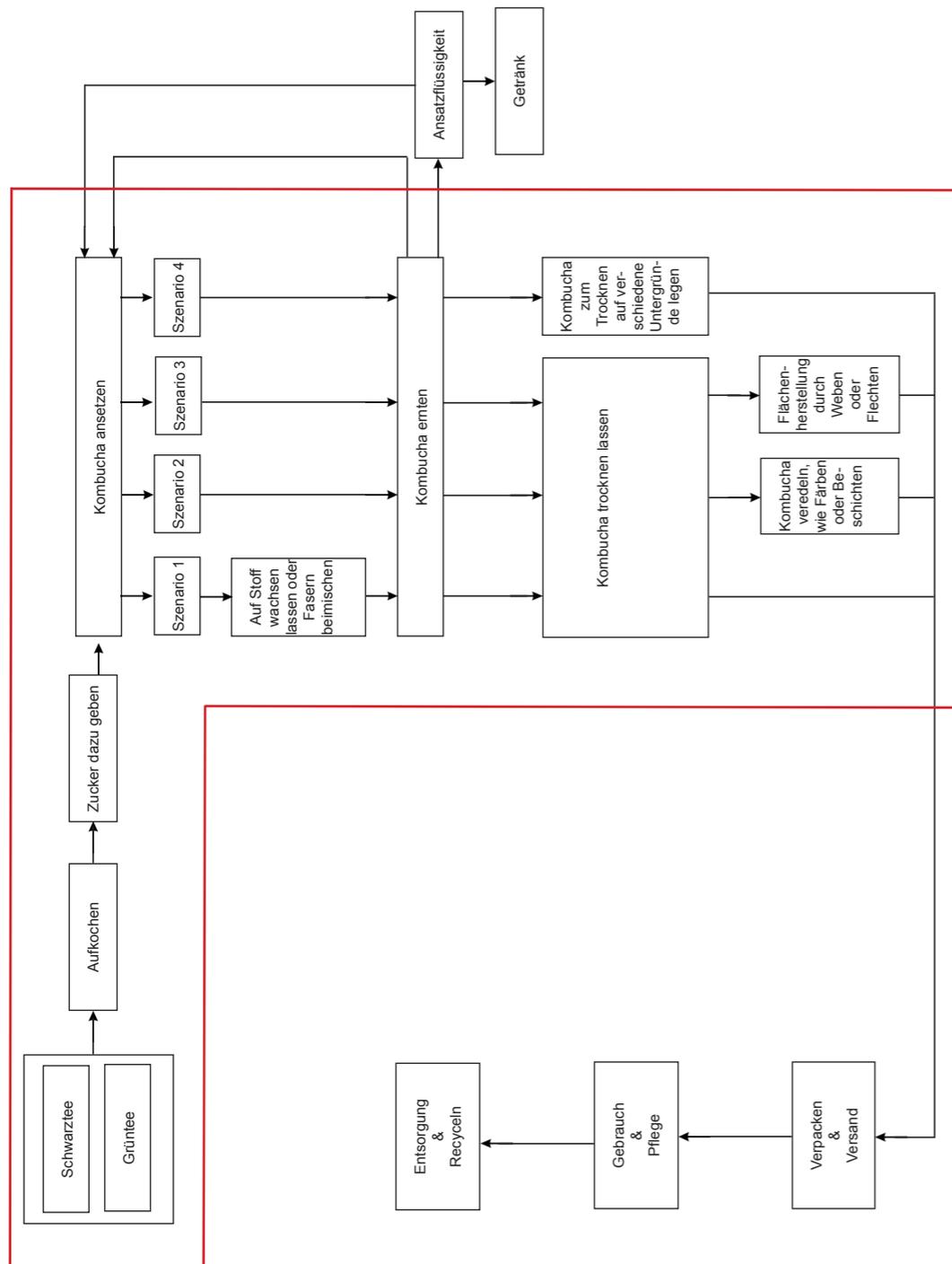


Abb.4 Die Lebensphasen, welche ein Kombucha-Material durchläuft. Der rot markierte Rahmen ist die Systemgrenze.

Für die Analyse werden vier unterschiedliche Szenarien der Produkt- bzw. Materialgestaltung anhand der zuvor festgelegten Parameter genauer betrachtet und bezüglich ihrer Umweltauswirkungen analysiert. Die Ausgangslage ist bei allen Szenarien (Abb.5 & 6) gleich: Grün-/Schwarztee Basis mit Zucker und die Experimente finden in einem kleinen Rahmen in der Schweiz statt. Beim Szenario 1 werden Faserabfälle (Szenario 1.1) oder verschiedene Textilien wie Biobaumwolle (Szenario 1.2) oder Viskose (Szenario 1.3) während des Wachstums beigemischt. Dadurch wird untersucht, ob sich der Pilz mit dem jeweiligen Material verbindet bzw. es abstösst oder durch das Beimischen das Wachstum gehemmt wird. Für die weiteren drei Szenarien muss der Pilz zuerst geerntet werden, bevor er weiterverarbeitet wird. So wird beispielsweise beim Szenario 2 der Pilz nach dem Trocknen veredelt, indem er beschichtet (Szenario 2.1) oder mit natürlichen Farben (Szenario 2.2) gefärbt wird. Um die Flächen mit einer anderen Technik zu bearbeiten, wird beim Szenario 3 der getrocknete Pilz in schmale Streifen geschnitten, welche in der Folge verwoben oder verflochten werden. Um die Pilzfläche dreidimensional zu gestalten, werden während des Trocknungsprozesses verschiedene Untergründe mit unterschiedlicher Optik und Haptik unter den Pilz gelegt (Szenario 4).

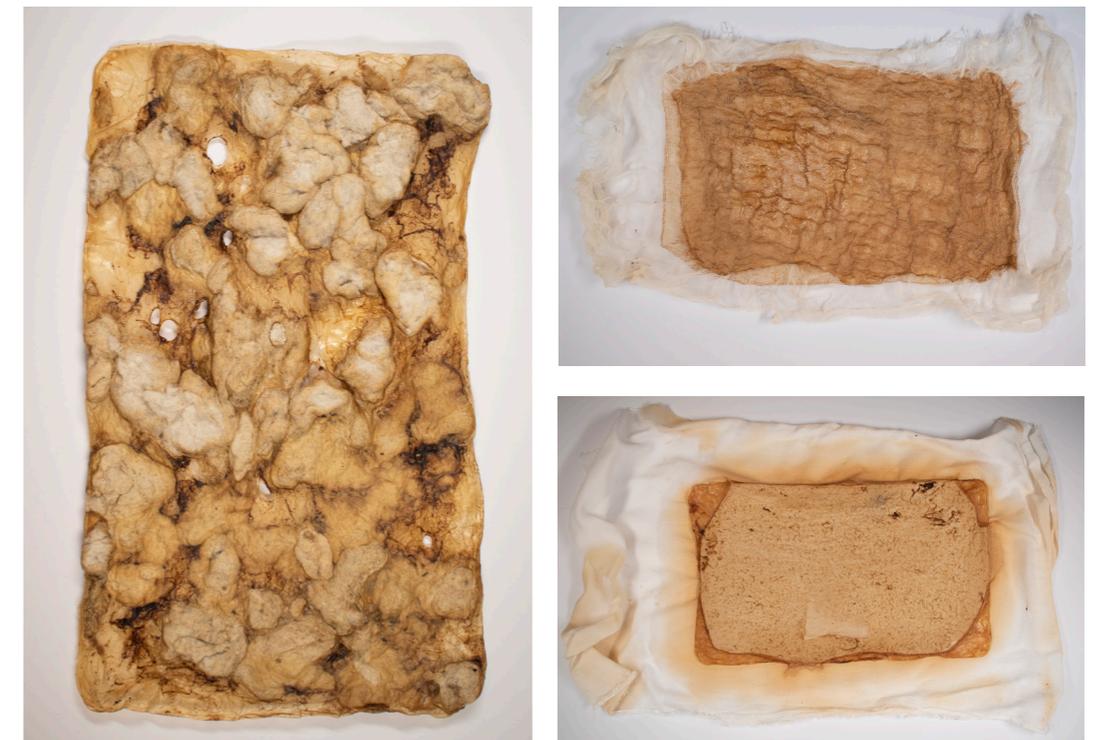


Abb.5 Experimente, links: Szenario 1.1, oben rechts: Szenario 1.2, unten rechts: Szenario 1.3.



Abb.6 Experimente, oben links: Szenario 2.1, Mitte links: Szenario 2.2, oben rechts: Szenario 3, unten rechts und links: Szenario 4

Wichtig für das Verständnis folgender Analyse ist, dass nicht alle benötigten Gegenstände und Materialien berücksichtigt werden. Der Grund dafür ist, dass beispielsweise die Gefässe (Glas oder Plastik), welche für das Anpflanzen benötigt werden, oder die Untergründe beim Szenario 4 mehrmals verwendet werden können. Deshalb kann damit gerechnet werden, dass die Gegenstände zum Inventar gehören, somit abgeschrieben sind und daher keinen Einfluss mehr auf die Umwelt haben. Ebenso bleiben Produkte bzw. Materialien, welche recycelt werden (wie die Faserabfälle im Szenario 1.1), unberücksichtigt, da sie

ohne diese Wiederverwertung im Abfall gelandet wären. Das Spezielle beim Szenario 3 ist, dass die einzelnen Arbeitsschritte von Hand ausgeführt werden, wodurch beispielsweise kein Energieaufwand durch Maschinen entsteht. Käme es zu einer industriellen Produktion des Materials, ist es fragwürdig, ob es tatsächlich sinnvoll ist, ein Material, welches bereits in einer Fläche wächst, auseinander zu schneiden und zu verweben. Dadurch entstehen viele Aufwände, welche im Vergleich zur herkömmlichen Textilproduktion eingespart werden könnten.

Um die verschiedenen Lebensphasen mit Daten zu belegen, werden für die Input-Output-Analyse Daten von den Experimenten oder von bereits vorhandenen Ökobilanzen der entsprechenden Rohstoffe verwendet. Wichtige Rohstoffe für die Kultivierung des Kombuchas sind Tee (Schwarz-/Grüntee) und Zucker. Die Daten der Input-Output-Analyse des Tees entsprechen nicht spezifisch den einzelnen Teesorten, sondern allgemein der Teeproduktion. Da sowohl Grün- wie auch Schwarztee aus der Camellia-Teepflanze gewonnen werden, unterscheiden sich die beiden Sorten lediglich in der Verarbeitung. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Verarbeitungsunterschied auf die Teemengen, welche prozentual zum Kombucha-Material verwendet werden, keinen entscheidenden Einfluss haben.⁴¹ Das Besondere der Daten des Tees ist, dass beim CO₂ Ausstoss der Transport nach Europa bereits dazugerechnet wurde. Tee wird oft per Schiff nach Europa transportiert, wodurch gemäss Swissveg rund 570g CO₂ pro Kilogramm Lebensmittel freigesetzt werden.⁴² Da die Materialeexperimente der gestalterischen Arbeit besonders ökologisch gestaltet werden, wird nur Biotee verwendet, wodurch keine Pestizide eingesetzt wurden. Die Daten für die In- und Output-Analyse des Tees stammen aus einem LCA einer Teeproduktion in Sri Lanka. In dieser Produktion wird der Tee in Teebeutel abgepackt, wodurch unter anderem die hohen CO₂ Emissionen neben den Transportemissionen zu erklären sind (Tabellen 4 & 5).

Weitere Energieaufwände fallen durch das Aufkochen des Wassers an. Dabei wird unterschieden, ob das Wasser auf dem Glaskeramikherd oder in einem Wasserkocher aufgekocht wird. Für den CO₂ Ausstoss gilt es zu beachten,

⁴¹ Tea Exclusive 2019, Vom Achterhof Magazin 2019.

⁴² Swissveg 2019, Messner 2016.

welche Energiequellen am Produktionsort bezogen werden und welche davon erneuerbar sind. Der Wasserkocher braucht mit rund 115Wh weniger Energie als ein Glaskeramikherd mit 189Wh für das Aufkochen eines Liters Wasser.⁴³ Da für die Experimente der gestalterischen Arbeit Schweizer Strom bezogen wird, werden mit dem Schweizerstrommix⁴⁴ für 115Wh rund 2.76g CO₂ freigesetzt (Tabellen 4 & 5).⁴⁵ Ein weiterer Rohstoff, welcher für die Kombucha-Produktion verwendet wird, ist Zucker. Der Vorteil dieses Rohstoffes liegt darin, dass er direkt in der Schweiz bezogen werden kann. Die Schweizerzuckerproduktion achtet auf nachhaltige Produktionsweisen, wodurch der gesamte Herstellungsprozess kaum negative Auswirkungen auf die Umwelt hat (vgl. Tabellen 4 & 5). Die Daten für die Inputs und Outputs des Zuckers stammen von der Firma Schweizer Zucker.⁴⁶ Diese Daten wurden mit einer Studie der ETH Zürich abgeglichen und es zeigte sich, dass sie äquivalent sind.⁴⁷

Nachdem die Grundzutaten zusammengeführt wurden, kann der Mutterpilz angesetzt werden. Im Verlaufe der nächsten zwei Wochen entsteht durch die Fermentierung, ein Gärprozess, oberhalb des Mutterpilzes eine neue Schicht, ein neuer Pilz. Während dieser alkoholischen Gärung wandelt der Pilz den Zucker zu Kohlenstoffdioxid und Ethanol um.⁴⁸ Wie viel CO₂ dadurch entsteht ist unklar. Dennoch kann davon ausgegangen werden, dass dieser Wert kaum oder keine Auswirkungen auf die Umwelt hat. Neben den nicht zu berücksichtigen Faserabfällen beim Szenario 1.1 haben dafür die beigemischten Textilien je nach Qualität einen umso grösseren Einfluss auf die Umwelt. Tabellen 6 & 7 zeigen die jeweiligen In- und Outputs der Fasergewinnung von Biobaumwolle (Szenario 1.2) und Viskose (Szenario 1.3). Hier wird bewusst nur die Fasergewinnung berücksichtigt, da der gesamte Herstellungsprozess wie Garnspinnen, Verweben, Veredeln etc. von zu vielen einzelnen Faktoren abhängig ist, welche den Rahmen dieser Analyse sprengen würden. Ausserdem haben diese Prozesse für den Vergleich von Viskose und Biobaumwolle kaum Auswirkungen, da aus beiden

⁴³ Strom Magazin 2019.

⁴⁴ 59% des Stroms wird aus Wasserkraft produziert, 33% stammt aus den Atomkraftwerken, 5% wird aus erneuerbaren Energien gewonnen und 3% sind von Einrichtungen, welche fossile Brennstoffe verbrennen, verwendet. Energie-Umwelt 2019.

⁴⁵ Schweizerische Eidgenossenschaft 2019.

⁴⁶ Frankenfeld 2019.

⁴⁷ Spörri 2019.

⁴⁸ Rätsch 2010, S.47 - 48.

Rohstoffen im Weiteren textile Flächen hergestellt werden müssen. Allerdings wurden bei diesen beiden Fasern, wie beim Tee, die CO₂ Emissionen des Transportes in die Schweiz dazugerechnet. Da Biobaumwolle in der Türkei und Viskose unter anderem in Deutschland angepflanzt und produziert werden, ist kein Überseetransport notwendig, wodurch die Transportwege und die damit verbundenen Emissionen reduziert werden können.⁴⁹ Werden nun die beiden Fasern verglichen (Tabellen 6 & 7) ist auffallend, dass Viskose in Bezug auf alle analysierten Inputs sowie auch Outputs (sofern Daten vorhanden sind) schlechter abschneidet als Biobaumwolle. Da die Experimente der gestalterischen Arbeit möglichst ökologisch gestaltet werden, bedeutet dieses Resultat, dass für das Beimischen vermehrt Biobaumwolle verwendet wird.

Bevor die anderen Szenarien zum Zug kommen, muss der neu entstandene Kombucha-Pilz geerntet werden. Allgemein stellt sich die Frage, ob es während des Trocknungsprozesses Emissionen gibt, welche allenfalls einen Einfluss auf die Umwelt haben könnten. Da jedoch der Pilz auf natürlichen Rohstoffen wächst und der geerntete Pilz aus Cellulose, genauer aus bakterieller Cellulose, besteht, kann davon ausgegangen werden, dass dieser Prozess ohne ökologische Auswirkungen abläuft.⁵⁰ Für die verschiedenen Veredlungsmethoden in Szenario 2 (Tabellen 6 & 7) zeigen sich sowohl für die Beschichtung mit Bienenwachs wie auch fürs Färben keine erheblichen Umweltauswirkungen. Allerdings ist das Beschichten etwas umweltfreundlicher als das Färben. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Herstellung des Bienenwachses zum grössten Teil von den Bienen geleistet wird, was CO₂ neutral ist.

⁴⁹ Hessnatur 2019, Textile Exchange 2016.

⁵⁰ Römbling 2017.

1kg Kombucha-Material	Energie (kWh)	Wasser (l)	Pestizide (g) ⁵¹	CO ₂ Emissionen (g)	Abfälle (g) ⁵²	Schadstoffe für die Umwelt (g)
Szenario 1.1	15.2	41.5	Keine Angaben	4963	Keine Angaben	0.06
Szenario 1.2	15.4	67.5	Keine Angaben	5173.3	0.04	0.06
Szenario 1.3	15.2	128.2	109.5	5207.1	Keine Angaben	0.06
Szenario 2.1	15.3	41.7	Keine Angaben	4964.8	Keine Angaben	0.06
Szenario 2.2	24.7	124.5	Keine Angaben	5077.5	Keine Angaben	0.06
Szenario 3	15.2	41.5	Keine Angaben	4963	Keine Angaben	0.06
Szenario 4	15.2	41.5	Keine Angaben	4963	Keine Angaben	0.06

Tabelle 1 Gesamte In- und Outputs der verschiedenen Szenarien

Werden nun die Auswirkungen der einzelnen Szenarien verglichen (Tabelle 1) fällt auf, dass das Beimischen von Viskose (Szenario 1.3) über alle analysierten Parameter (falls Daten vorhanden sind) die höchsten ökologischen Konsequenzen für die Umwelt aufweist. Ebenfalls zeigt sich, dass das Beimischen von Biobaumwolle umweltschonender ist als das Färben. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Färben verhältnismässig viel Wasser braucht, welches zuvor aufgeköcht werden muss. Dieses Resultat zeigt, dass Veredelung,

⁵¹ Da in Bioprodukten keine Pestizide verwendet wurden, ist davon auszugehen, dass dieser Wert 0 oder nur sehr klein ist, vgl. Zucker Tab. 4.

⁵² Bezüglich der Abfälle wurden kaum Angaben gefunden. Allerdings liefert Tab. 6 einige Angaben dazu, welche Abfallprodukte entstehen und in welchen Bereichen diese allenfalls eine weitere Verwendung finden.

in diesem Falle Färben, einige Umweltauswirkungen mit sich bringt, was in der Textilindustrie bereits eine bekannte Problematik darstellt.⁵³

Da die Experimente in der Schweiz durchgeführt werden, ist es nun interessant zu sehen, wie sich die Resultate der Analyse auf die Schweiz auswirken. Denn je nach Produktionsland können vereinzelte Parameter verheerende oder weniger einschneidende Auswirkungen haben. Wird nun der Wasserverbrauch auf das Produktionsland Schweiz bezogen, kann gesagt werden, dass zum jetzigen Zeitpunkt im Jahr 2019 keine Wasserknappheit herrscht und das für die Produktion benötigte Wasser keinen Einfluss auf den Grundwasserspiegel der Schweiz hat.⁵⁴ Da die CO₂ Emissionen in der Schweiz bereits in einem kritischen Bereich sind, hat jede weitere Emission einen grossen Einfluss. Ebenso ist auch der Energieverbrauch in einem problematischen Zustand und es ist wichtig, auf alternative Energie umzusteigen. In Bezug auf die Kombucha-Produktion in der Schweiz bedeuten diese Resultate, dass Möglichkeiten und Lösungen gesucht werden müssen, welche besonders den Energieverbrauch und die CO₂ Emissionen senken.

⁵³ Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie 2019.

⁵⁴ GAPFRAME 2019, By Country à Switzerland.

Vergleich und Ausblick

Für eine Einschätzung, was die analysierten Daten des Kombucha-Materials bedeuten, ist ein Vergleich zu einem anderen nachhaltigen Material notwendig. Obwohl das Kombucha-Material eher an Leder erinnert, wird es in diesem Kapitel bewusst mit Biobaumwolle verglichen. Denn die Herausforderung der gestalterischen Arbeit liegt darin, dem Kombucha-Material einen textilen Charakter zu verleihen, weshalb es angemessen ist, das Material mit einem textilen Rohstoff zu vergleichen. Da Biobaumwolle als eine der nachhaltigsten Fasern gilt (vgl. Abb. 7), ist ein Vergleich zu ihr für ein neues Material besonders interessant.

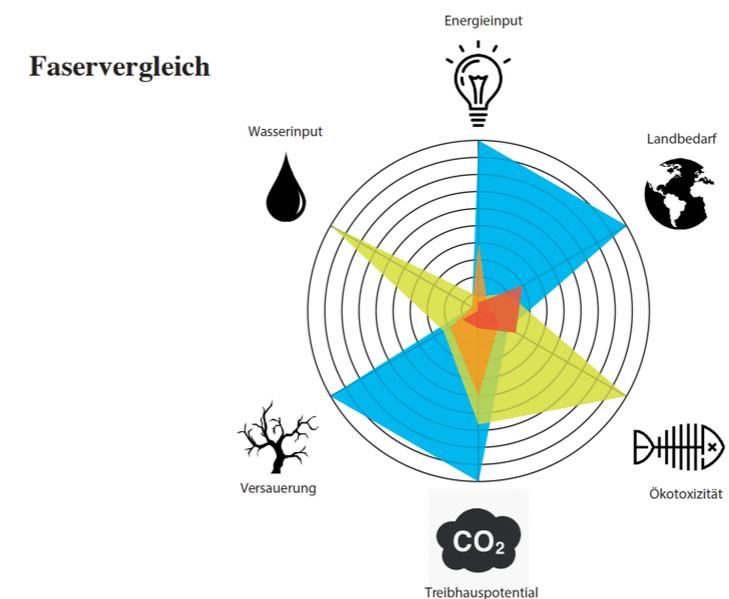


Abb.7 Das Spinnendiagramm vergleicht die verschiedenen Fasern und ihre Auswirkungen. Biobaumwolle (rot), Viskose (blau), Polyester (orange) und Baumwolle (grün).

Es findet ein Vergleich von 1 Kilogramm Kombucha-Material zu 1 Kilogramm Baumwollfasern statt (vgl. Tabellen 2 & 3). Der Vergleich findet im Rahmen des Cradle to Gin Gate⁵⁵ statt. Das heisst, es wird der Prozess der Faser- bzw. der Flächengewinnung des Kombuchas verglichen. Das Besondere dieses Vergleiches ist, dass die Rohstoffgewinnung des Kombucha-Materials gleichzeitig auch die Flächengewinnung beinhaltet (ausser beim Szenario 3). Somit werden beim Kombucha-Material im Vergleich zur Biobaumwolle einige Arbeitsschritte eingespart, was jedoch in den vergleichenden Werten nicht berücksichtigt wird. Im Fokus steht dabei die Rohstoffgewinnung der beiden Materialien.

INPUTS	1kg Biobaumwollfasern	1kg Kombucha-Material
Energie (kWh)	1.6	15.2
Wasser (l)	182	41.5
Pestizide(g)	0	0

Tabelle 2 Inputs, welche für die Produktion von 1kg Kombucha bzw. 1kg Biobaumwollfasern benötigt werden.

OUTPUTS	1kg Biobaumwollfasern	1kg Kombucha-Material
CO ₂ (g)	970 (Produktion)	4963
Abfälle (g)	0.3	0
Schadstoffe für die Umwelt (g)	0	0

Tabelle 3 Outputs, welche durch die beiden Materialien bei 1kg Rohstoffproduktion entstehen.

⁵⁵ Cradle to Gin Gate beinhaltet den Prozess von der Rohstoffgewinnung bis zur Aufbereitung der Fasern, so dass sie in einem nächsten Schritt in die Spinnerei versendet werden können. PE International AG 2014.

Werden nun die beiden Materialien miteinander verglichen fällt auf, dass die Werte der In- und Outputs für die Biobaumwollfaserproduktion im Vergleich zur Kombucha-Produktion bis auf den Wasserverbrauch und die Abfälle geringer sind. Besonders der Tee, welcher in einzelne Teebeutel verpackt wird und in die Schweiz importiert werden muss, erhöht die CO₂ Emissionen der Kombucha-Produktion. Dieser Wert kann allerdings durch die Verwendung von offenem Tee massiv reduziert werden. Das Aufkochen des Wassers führt dazu, dass der Energieaufwand im Vergleich zur Biobaumwolle deutlich höher ausfällt. Würden nun weitere Phasen der Biobaumwolle, wie das Spinnen und die Flächenherstellung miteinbezogen werden, ist es möglich, dass sich die Werte des Energieaufwandes und der CO₂ Emissionen angleichen würden. Gleichwohl ist davon auszugehen, dass diese Werte bei der Kombucha-Produktion deutlich höher ausfallen, da Biobaumwolle selbst nach der Flächenherstellung bezüglich der CO₂ Emissionen noch besser abschneiden würde. Eine alternative Lösung wäre die Wiederverwertung der bereits benutzten Ansatzflüssigkeit für die Kultivierung eines neuen Pilzes. Dadurch müsste nur noch eine kleine Menge an Tee gekocht und Zucker zugesetzt werden, welche diese Flüssigkeit auffrischt. Erste Experimente weisen darauf hin, dass das Kochen einer neuen Nährflüssigkeit nicht immer zwingend notwendig ist, da ein neuer Pilz auch in der Flüssigkeit von bereits geernteten Pilzen bis zu einem bestimmten Grad noch gut weiterwächst. Es wäre somit zu überprüfen, wie oft dieselbe Ansatzflüssigkeit verwendet bzw. mit welchen Mitteln die Flüssigkeit für eine Wiederverwendung aufgewertet werden könnte. Ebenfalls ist zu beachten, dass das Kombucha-Material bereits als Fläche wächst und daher keine weiteren Aufwände für das Garnspinnen und die Flächenherstellung entstehen (ausser bei Szenario 3, was allerdings nur für die Experimente interessant ist und in der Praxis keine Anwendung finden wird). Würde man unter den oben genannten Bedingungen somit den gesamten Lebenszyklus der beiden Materialien vergleichen, wäre es durchaus denkbar, dass die jeweiligen LTCs ähnlich abschneiden.

Dennoch schneidet in der Analyse dieser Arbeit Biobaumwolle zum aktuellen Zeitpunkt besser ab als Kombucha. Für die Verbesserung des LCTs von Kombucha müssten noch einige Abklärungen und Forschungen bezüglich

einer möglichen Alternative zu Tee und dem Aufkochen des Wassers gemacht werden. Bis es soweit ist, bleibt Biobaumwolle nach wie vor das Material mit den geringeren Umweltauswirkungen.

06

Fazit

Damit Kombucha als ein wirklich nachhaltiges Material vermarktet werden könnte, müssten neben der analysierten ökologischen Dimension der Nachhaltigkeit auch die beiden weiteren Aspekte berücksichtigt werden. Beispiele dazu sind faire Arbeitsbedingungen oder eine Geschäftsstrategie, welche ein ressourcenschonendes wie auch gewinnerzielendes Wirtschaften ermöglicht. In Bezug auf die ökologische Nachhaltigkeit kann in dieser Frühphase der Materialforschung die aufgestellte Hypothese, der Werkstoff Kombucha ist nachhaltiger als Biobaumwolle, nicht bestätigt werden. Sicher wird eine vertiefte, wissenschaftliche Analyse des Produktionsprozesses hilfreich sein, doch für die Entscheidung eines Designers, ob damit weitergearbeitet werden soll, ist diese Analyse ausreichend. Obwohl die ökologischen Auswirkungen sich noch nicht im gewünschten Bereich befinden und auch einige Forschungen bezüglich der Wasserbeständigkeit anstehen, bringt der Werkstoff Pilz Potenzial mit. Da die Rohstoffproduktion gleichzeitig auch die Flächenherstellung ist und der Werkstoff in relativ kurzer Zeit wächst, können im Vergleich zur herkömmlichen Textilproduktion einige Arbeitsschritte und Zeit eingespart werden. Die ökologischen Auswirkungen können durch die Verwendung von offenem Tee und dem Recyceln der Ansatzflüssigkeit deutlich reduziert werden. Auch weitere Forschungen über die Zusammensetzung der Nährflüssigkeit könnten die negativen Umweltbelastungen möglicherweise reduzieren. Ein weiterer Vorteil ist, dass der Werkstoff beinahe überall produziert werden kann und dadurch die Emissionen durch den Transport wegfallen bzw. stark reduziert werden. Da sich die Daten der Analyse auf eine kleine Produktionsmenge beziehen, könnten einige Werte bei einer industriellen Produktion durch die grösseren Mengen und die entsprechenden Geräte gesenkt werden. Abschliessend kann gesagt werden, dass manches oft nicht in dem Ausmass

nachhaltig ist, wie es im ersten Moment scheint und dass beim Umgang mit dem Begriff Nachhaltigkeit Vorsicht geboten ist. Trotz dieses Ergebnisses bleibt der Werkstoff Kombucha ein spannendes Material – auch in Bezug auf die Nachhaltigkeit – weshalb es sich lohnt, weitere Forschungsarbeit dazu zu machen. Diese hier beschriebene Analyse zeigt die Stärken und Schwächen des Werkstoffes. Für seine negativen Auswirkungen auf die Umwelt gilt es nun Lösungen zu finden. Ob es tatsächlich möglich ist, die herkömmlichen Textilien durch Kombucha-Material zu ersetzen, ist fraglich. Dennoch könnte es ein Nischenprodukt zur Ergänzung anderer Materialien werden.

07

Quellen

7.1

Literaturverzeichnis

Diepenbrock 2014

Wulf Diepenbrock, Nachwachsende Rohstoffe, Stuttgart 2014.

Grober 2006

Ulrich Grober, Die Entdeckung der Nachhaltigkeit. Kulturgeschichte eines Begriffs, Frankfurt/M. 2006.

Klöpffer 2009

Walter Klöpffer, Birgit Grahl, Ökobilanz (LCA). Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf, Weinheim 2009.

Pufé 2017

Iris Pufé, Nachhaltigkeit. 3. Auflage, Konstanz 2017.

Rätsch 2010

Christian Rätsch, Pilze und Menschen. Gebrauch, Wirkung und Bedeutung der Pilze in der Kultur, Aarau und München 2010.

Türk 2014

Oliver Türk, Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Grundlagen-Werkstoffe-Anwendungen, Wiesbaden 2014.

Von Carlowitz 2013

Hans Carl von Carlowitz, Joachim Hamberger (Hg.), Sylvicultura oeconomica. Oder Hauswirtschaftliche Nachricht und Naturmässige Anweisung zur Wilden Baum-Zucht, [1713], oekom Verlag, München 2013.

7.2

Internetverzeichnis

Aboutorganiccotton 2019

Aboutorganiccotton, Organic Cotton is better for the Environment (ohne Datum), <http://aboutorganiccotton.org/environmental-benefits/> (aufgerufen am 14.05.19).

Acaroglu 2018

Leyla Acaroglu, A Guide to Life Cycle Thinking, in: medium (05.03.18), <https://medium.com/disruptive-design/a-guide-to-life-cycle-thinking-b762ab49bce3> (aufgerufen am 14.05.19).

Biologie-Lexikon 2013

Biologie-Lexikon, Pilze (08.07.13), <http://www.biologie-lexikon.de/lexikon/pilze.php> (aufgerufen am 14.05.19).

Breu 2019

Michael Breu, Pilze lassen das Holz nicht nur faulen – sie verschönern es auch, in: srf (06.05.19), <https://www.srf.ch/kultur/kunst/innovatives-design-pilze-lassen-das-holz-nicht-nur-faulen-sie-verschoenern-es-auch> (aufgerufen am 14.05.19).

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2014

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 300 Jahre forstliche Nachhaltigkeit (29.01.14), https://www.bmel.de/DE/Wald-Fischerei/Forst-Holzwirtschaft/_texte/Carlowitz-Jahr.html (aufgerufen am 14.05.19).

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie 2019

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (ohne Datum), https://www.greenpeace.org/austria/Global/austria/marktcheck/uploads/media/final_handbuch_ecofashion_umweltberatung.pdf (aufgerufen am 14.05.19).

Bundeszentrale für politische Bildung 2019

Bundeszentrale für politische Bildung, Grenzen des Wachstums (ohne Datum), <https://www.bpb.de/nachschlagen/lexika/lexikon-der-wirtschaft/19548/grenzen-des-wachstums> (aufgerufen am 14.05.19).

Ecovative Design 2019

Ecovative Design, We grow Materials (ohne Datum), <https://ecovativedesign.com> (aufgerufen am 14.05.19).

Educalingo 2019

Educalingo, Weltsystem-Theorie (ohne Datum), <https://educalingo.com/de/dic-de/weltsystem> (aufgerufen am 14.05.19).

Energie-Umwelt 2019

Energie-Umwelt, Strommix und Energiemix (ohne Datum), <https://www.energie-umwelt.ch/elektrizitaet/1392> (aufgerufen am 14.05.19).

Freitas 2017

Alexandra Freitas, et al., Water Footprint Assessment of polyester and viscose and comparison to cotton (März 2017), https://waterfootprint.org/media/downloads/WFA_Polyester_and__Viscose_2017.pdf (aufgerufen am 14.05.19).

Gabler Wirtschaftslexikon 2019

Gabler Wirtschaftslexikon (ohne Datum), <https://wirtschaftslexikon.gabler.de> (aufgerufen am 14.05.19).

Gapframe 2019

Gapframe, gapframe.org. towards a safe space for all (ohne Datum), <http://gapframe.org/methodology/> (aufgerufen am 14.05.19).

Global 2000 2017

Global 2000, Der giftige ökologische und soziale Fussabdruck unserer Schuhe (14.12.17), <https://www.global2000.at/presse/der-giftige-ökologische-und-soziale-fußabdruck-unserer-schuhe> (aufgerufen am 14.05.19).

Hessnatur 2019

Hessnatur, Viskose (ohne Datum), <https://www.hessnatur.com/magazin/textillexikon/viskose/> (aufgerufen am 14.05.19).

Kojina 2017

Katja Kojina, Suzanne Lee und das Kombucha Leder, in: gaffer deluxe (01.02.17), <https://gafferdeluxe.com/2017/02/01/suzanne-lee-das-kombucha-leder/> (aufgerufen am 14.05.19).

Kombucha 2019

Kombucha, Kombucha-Teepilz. Kraft des langen Lebens (ohne Datum), <http://www.kombucha.ch/kombucha/1-kombucha-teepilz> (aufgerufen am 14.05.19).

Life Cycle Initiative 2019

Life Cycle Initiative, What is Life Cycle Thinking (ohne Datum), <https://www.lifecycleinitiative.org/starting-life-cycle-thinking/what-is-life-cycle-thinking/> (aufgerufen am 14.05.19).

Messner 2016

Sabine Messner, Lebensmittel per Luftfracht – eine vermeidbare Umweltsünde, in: greenside-story (12.08.16), <https://www.greenside-story.de/lebensmittel-per-luftfracht-eine-vermeidbare-umweltsuende/997> (aufgerufen am 14.05.19.)

Munasinghe 2017

Mohan Munasinghe et al., Economic, social and environmental impacts and overall sustainability of the tea sector in Sri Lanka, in: Sustainable Production and Consumption 12 (2017) 155 – 169, https://www.researchgate.net/publication/319309412_Economic_social_and_environmental_impacts_and_overall_sustainability_of_the_tea_sector_in_Sri_Lanka (aufgerufen am 14.05.19).

Neffa 2019

Neffa, MycoTex proof-of-concept (ohne Datum), <https://neffa.nl/portfolio/mycotex/> (aufgerufen am 14.05.19).

Lexikon der Nachhaltigkeit 2019

Lexikon der Nachhaltigkeit (ohne Datum), https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen_1382.htm (aufgerufen am 14.05.19).

Römbling 2017

Ute Römbling, Die erstaunliche Zellulose: Bäume und Gaumenfreuden, in: Science in School (27.11.17), <https://www.scienceinschool.org/de/content/die-erstaunliche-zellulose-baume-und-gaumenfreuden> (aufgerufen am 14.05.19).

Schweizerische Eidgenossenschaft 2019

Schweizerische Eidgenossenschaft, Wie viel CO₂ entsteht mit dem Verbrauch von einer Kilowattstunde Strom in der Schweiz? (ohne Datum), https://www.phbern.ch/fileadmin/user_upload/MOL/E-Dossier_Klimawandel/Wissenschaftliche_Grundlagen/Ursachen/Unterrichtsmaterial/Factsheet_CO2_Emission_Strom_Schweiz.pdf (aufgerufen am 14.05.19).

Schweizer Zucker 2019

Schweizer Zucker, Überzeugend nachhaltig. Rübenanbau (ohne Datum), <http://www.nachhaltigkeit.zucker.ch> (aufgerufen am 14.05.19)

Zou 2012

Rui Zou, Physics behind Sustainable Fashion & Environmental Art (März 2012), http://budker.berkeley.edu/PhysicsH190_2012/Rui%20Zou%20Sustainable%20Fashion.pdf (aufgerufen am 14.05.19).

ZVNDER 2019

ZVNDER, Nachhaltige und vegane Produkte aus dem Zunderschwamm-Baumpilz (ohne Datum), <http://zvnder.com> (aufgerufen am 14.05.19).

7.3

E-Mails

Frankenfeld 2019

Thomas Frankenfeld, Mitarbeiter von Schweizer Zucker AG, 09.04.19.

Hitz 2019

Silvio Hitz, Mitarbeiter vom Imkerhof Imkereibedarf GmbH, 25.04.19.

7.4

Abbildungsverzeichnis

Abb.1:

Institut Bauen und Umwelt eV., Nachhaltige Entwicklung. Geschichte und Prinzip der Nachhaltigkeit (ohne Datum), <https://ibu-epd.com/nachhaltige-entwicklung/> (aufgerufen am 14.05.19).

Abb.2:

Sonja Fischer, Nachhaltigkeit ein Modewort?, in: bestswiss (11.04.2017), <https://bestswiss.ch/nachhaltigkeit-ein-modewort> (aufgerufen am 14.05.19).

Abb.3:

Gapframe (ohne Datum), <http://gapframe.org> (aufgerufen am 14.05.19).

Abb.4:

Lebensphasen eines Kombucha-Materials, Grafik von der Verfasserin vom Mai 2019.

Abb.5:

Kombucha-Experimente, Foto von der Verfasserin vom Mai 2019.

Abb.6:

Kombucha-Experimente, Foto von der Verfasserin vom Mai 2019.

Abb.7:

Faservergleich, Tina Tomovic, Hochschule Luzern - Design & Kunst.

08

Anhang

In- und Outputs der jeweiligen Lebensphasen mit Daten.

INPUTS	1kg Tee	1kg Zucker	1l siedendes Wasser
Energie (kWh)	32 ⁵⁶	1 ⁵⁷	0.115 ⁵⁸
Wasser (l)	Keine Angaben	0	1
Pestizide (g)	0	wenig ⁵⁹	0

Tabelle 4 Die benötigten Zutaten und deren Inputs für das Kochen der Ansatzflüssigk

⁵⁶ Munasinghe 2017.

⁵⁷ Frankenfeld 2019.

⁵⁸ Strom Magazin 2019.

⁵⁹ Schweizer Zucker 2019.

OUTPUTS	1kg Tee	1kg Zucker	1l siedendes Wasser
CO ₂ (g)	570 ⁶⁰ (Transport) 21280 ⁶¹ (Produktion) = 21850	140 ⁶²	2.76 ⁶³
Abfälle (g)	Keine Angaben	(Nebenprodukte für die Viehzucht, Gartenerde oder Dünger) ⁶⁴	0
Schadstoffe für die Umwelt (g)	Keine Angaben	0.06g (Stickstoffoxide) ⁶⁵	0

Tabelle 5 Die Outputs, welche durch die benötigten Rohstoffe für die Kombucha-Produktion entstehen.

⁶⁰ Swissveg 2019.

⁶¹ Munasinghe 2017.

⁶² Frankenfeld 2019.

⁶³ Schweizerische Eidgenossenschaft 2019.

⁶⁴ Frankenfeld 2019.

⁶⁵ Frankenfeld 2019.

INPUTS	1kg Biobaumwoll- fasern	1kg Viskose- fasern	1kg Bienen- wachs	1l siedendes Wasser zum Färben
Energie (kWh)	1.6 ⁶⁶	27.7 ⁶⁷	0.05 ⁶⁸	0.115 ⁶⁹
Wasser (l)	182 ⁷⁰	678 ⁷¹	0.5 ⁷²	1
Pestizide (g)	0	745 ⁷³	0	0

Tabelle 6 Die Auswirkungen der beigemischten Fasern und Veredlungsmethoden.

⁶⁶ Textile Exchange 2016.

⁶⁷ Zou 2012.

⁶⁸ Hitz 2019.

⁶⁹ Strom Magazin 2019.

⁷⁰ Textile Exchange 2016.

⁷¹ Freitas 2017.

⁷² Hitz 2019.

⁷³ Shen 2010.

OUTPUTS	1kg Bio- baumwoll- fasern	1kg Viskose- fasern	1kg Bienen- wachs	1l siedendes Wasser zum Färben
CO ₂ (g)	460 ⁷⁴ (Transport) 970 ⁷⁵ (Produktion) = 1430	460 ⁷⁶ (Transport) 1200 ⁷⁷ (Produktion) = 1660	7.1 ⁷⁸	2.76 ⁷⁹
Abfälle (g)	0.3 ⁸⁰	Keine Angaben	Wachsreste und Holzwolle (werden kompostiert) ⁸¹	Keine Angaben
Schadstoffe für die Umwelt (g)	0	Keine Angaben	0	0

Tabelle 7 Die Outputs, welche durch das Beimischen der Textilien oder die Veredlung entstehen.

⁷⁴ Swissveg 2019.

⁷⁵ Textile Exchange 2016.

⁷⁶ Swissveg 2019.

⁷⁷ Shen 2010.

⁷⁸ Hitz 2019.

⁷⁹ Schweizerische Eidgenossenschaft 2019.

⁸⁰ Textile Exchange 2016.

⁸¹ Hitz 2019.

Lauterkeitserklärung

Diese Lauterkeitserklärung ist zusammen mit schriftlichen Leistungsnachweisen einzureichen, insbesondere zusammen mit der Seminararbeit und der schriftlichen Bachelor-Arbeit.

Ich erkläre, dass es sich bei dem eingereichten Text mit dem Titel

Kombucha – ein Stoff der Zukunft?.....

Eine Nachhaltigkeitsanalyse zum Werkstoff Kombucha.....

um eine von mir und ohne unerlaubte Beihilfe in eigenen Worten verfasste Arbeit handelt.

Ich bestätige, dass die Arbeit in keinem ihrer wesentlichen Bestandteile bereits anderweitig zur Erbringung von Studienleistungen eingereicht worden ist.

Sämtliche Bezugnahmen auf in der oben genannten Arbeit enthaltene Quellen sind deutlich als solche gekennzeichnet. Ich habe bei Übernahmen von Aussagen anderer Autorinnen und Autoren sowohl in wörtlich übernommenen Aussagen (= Zitate) als auch in anderen Wiedergaben (= Paraphrasen) stets die Urheberschaft nachgewiesen.

Ich nehme zur Kenntnis, dass Arbeiten, denen das Gegenteil nachweisbar ist – insbesondere, indem sie Textteile anderer Autoren ohne entsprechenden Nachweis enthalten – als Plagiate im Sinne der Aufnahme- und Prüfungsordnung der Hochschule Luzern (Art. 24) betrachtet und mit rechtlichen und disziplinarischen Konsequenzen geahndet werden können.

Name, Matrikelnummer: Ramona Teller, 16-488-140.....

Datum, Unterschrift: 19.05.19 Teller.....

