

Abstract

Die Arbeitsgrundlage ist ein nachhaltiges Werkstoffkonzept aus Holz mit neuartigen, aussergewöhnlichen Eigenschaften im Vergleich zum natürlichen Rohstoff.

Die ETH (Gruppe Wood Tech) und die EMPA entwickelten im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 66 Grundlagen für eine umfassende Verwendung der Ressource Holz. In diesem Zusammenhang wurde eine Modifizierung des Holzes entdeckt, welche neuartige Anwendungen und gestalterische Potenziale mit sich bringt. Durch chemische Behandlung kombiniert mit Verdichtung werden dem Rohstoff Holz neue Eigenschaften verliehen, welche im Vergleich zum Naturprodukt zu einer Verdreifachung von Zugfestigkeit und Steifigkeit führen. Weiterer Vorteil des naturbasierten Werkstoffs bietet die Verformbarkeit in nassem Zustand, welche die Herstellung von komplexen Formen und Designelementen erlaubt.

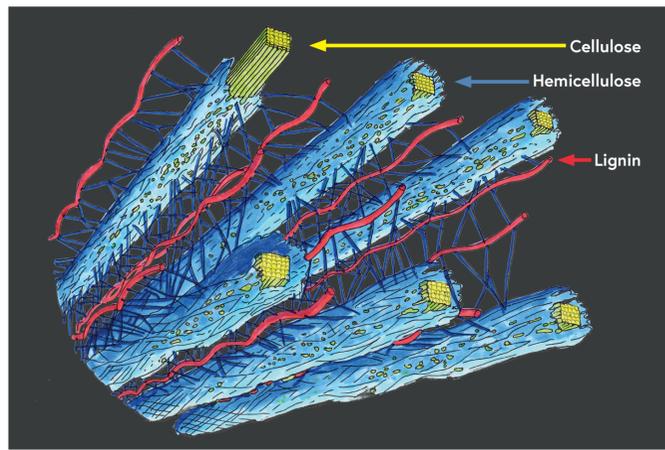
Die Kollaboration von Designern und Wissenschaftern, der Technologietransfer der Disziplinen und das Einsetzen der «Material Diversity» - Methode zeigt die Vielfältigkeit des Materialkonzepts.

(Foto: Autorin)

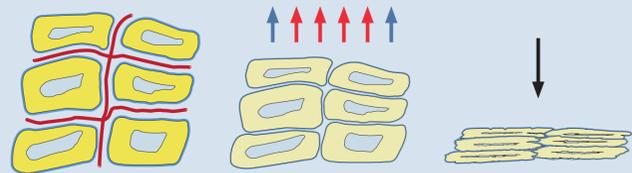
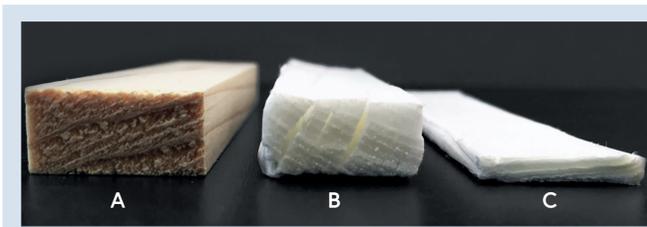
WhiteWood

Modifizierter Rohstoff Holz - Technologietransfer durch die Kollaboration von Designern und Wissenschaftern

Wie lassen sich Möglichkeiten eines neuen nachhaltigen Materialkonzeptes gesamtheitlich aufzeigen?



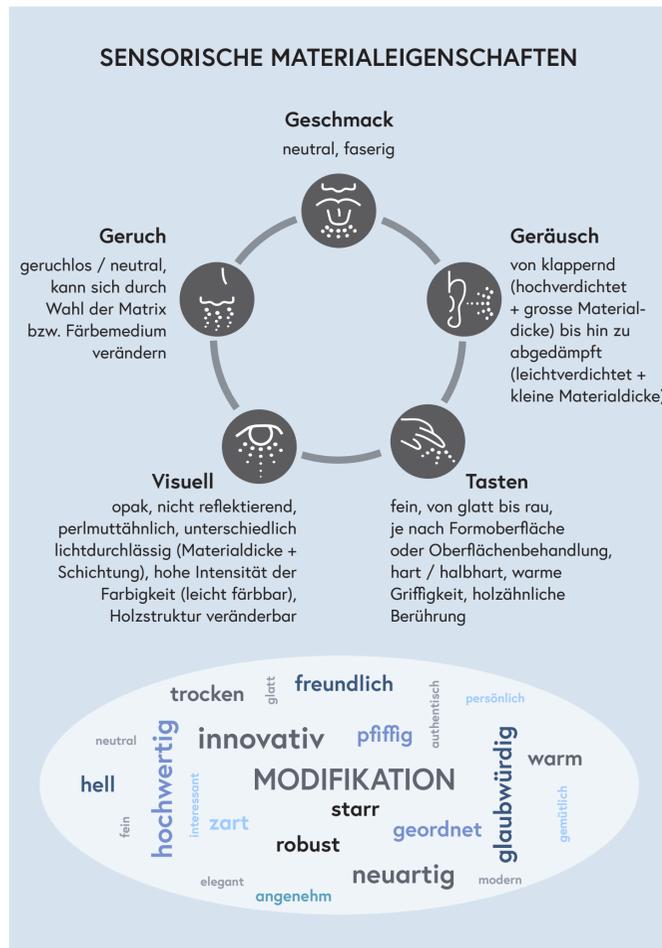
1



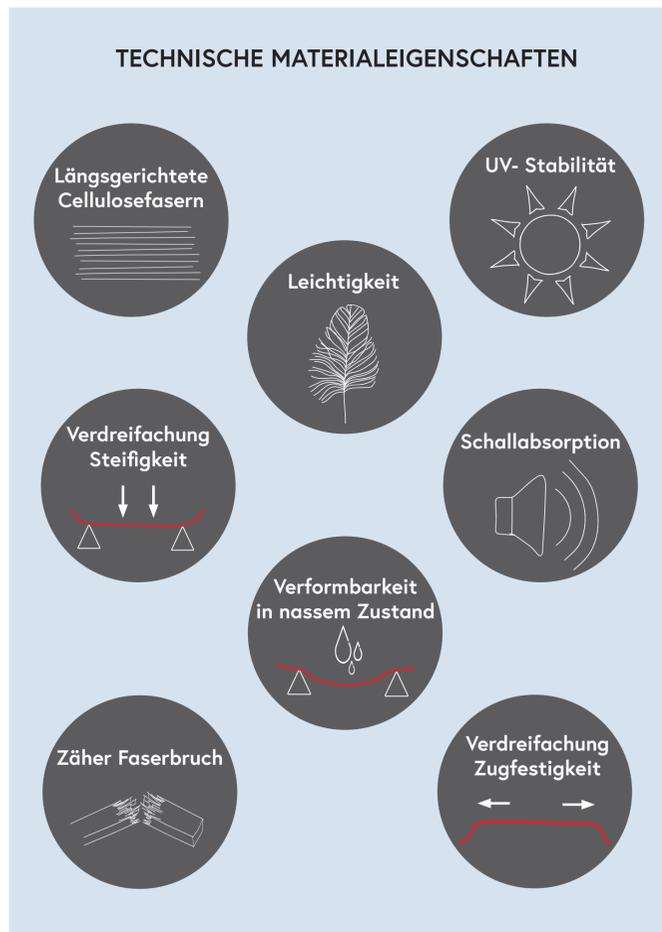
2



3



4



5



6



7



8



9

Kontext und Desktop Research

Die Entwicklung nachhaltiger Materialien auf Basis nachwachsender Rohstoffe ist eine der wichtigsten Herausforderungen in der heutigen Materialwissenschaft. Vermehrt sind dabei auch Designer in internationalen Forschungsgruppen (vgl. DWOC, Design World of Cellulose) involviert. Designmethoden haben sich zunehmend in der Forschung neuer Materialien etabliert und gelten als Innovationstreiber. Nordische Länder, wie Finnland oder Schweden zählen dabei zu Vorreitern in diesem Gebiet. Sie kombinieren unterschiedliche Disziplinen beziehungsweise Ansätze und fördern neuartige Konzepte und die Entwicklung ressourcenschonender Materialien. Ziel ist es, der Kunststoffproblematik entgegen zu wirken. In diesem Zusammenhang sind auch einige Verfahren der Holzmodifizierung zu sehen. Schon über Jahrtausende versucht der Mensch, etwa unter anderem durch Lacke oder Anstriche, das Holz in seinen Eigenschaften zu verbessern. Heutzutage gehen die Forscher einen Schritt weiter. Nicht mehr nur die Eigenschaften an der Oberfläche, sondern auch die Struktur im Innern des altbewährten Materials wird so verändert, dass sich gänzlich neuartige Anwendungen daraus entwickeln lassen. Die Modifizierung, also die Verbesserung beziehungsweise Abänderung der natürlichen Eigenschaften bietet Potential, den nachwachsenden Rohstoff Holz erweitert zu nutzen. Aus der Modifizierung von Holz ergeben sich Alternativen, die Kunststoffproblematik zu minimieren, indem Materialien aus fossilen Quellen ersetzt oder ergänzt werden. Obwohl die dafür angewendeten Herstellungsprozesse bis anhin oftmals noch teuer sind als herkömmliche Holzbearbeitungsverfahren, wird modifiziertes Holz dank seiner neuen Qualitäten und geringerem Unterhaltsaufwand, in den nächsten Jahren in zunehmendem Masse auf dem Markt gefragt sein.

Delignifiziertes und verdichtetes Holz

Delignifiziertes, verdichtetes Holz ist eine neue Art der Modifikation des Holzes. Hierbei wird, wie im klassischen Zellstoff- und Papierherstellungsprozess, aus dem Rohstoff das gesamte Lignin und ein Drittel der Hemicellulose chemisch entfernt. Die Verdichtung des Materials führt zu einer Faltung der Zellwände. Der erschaffene neue Holzwerkstoff erhält dadurch eine Verdreifachung der Zugfestigkeit und Steifigkeit im Vergleich zum gleichen Volumen beim Naturprodukt. Verglichen mit anderen Naturfaserverbundstoffen wie Flachs oder Sisal liegen die spezifischen Werte der Zugeigenschaft ebenfalls höher. Weitere Vorteile sind die Verformbarkeit in nassem Zustand und die skalierbare Verarbeitung. Holz eigene Beschaffenheiten, wie die tragende längsgerichtete cellulotische Struktur, werden in das neue Konzept transferiert und über-

Recherche & Analyse

- 1 Aufbau mikrobrilläre Struktur (Schema nach Bohdan et al. 2017, S. 3., Illustration: Autorin)
- 2 Prozess Delignifizierung und Verdichtung (Frey et al., 2018, Illustration und Foto: Autorin)
 - A). Natürlicher unbehandelter Rohstoff Holz: Rot = Lignin, Gelb = Cellulose, Blau = Hemicellulose.
 - B). Delignifizierung: Gesamtes Lignin (rote Pfeile) und 1/3 Hemicellulose (blaue Pfeile) werden herausgewaschen, Cellulose bleibt erhalten, leichte Schrumpfung der Struktur.
 - C). Verdichtung: Durch hohe Kraft mit seitlicher Scherung wird Cellulosegerüst zusammengepresst -> Hohlräume werden verdichtet.
- 3 Auswirkungen durch die Wahl der Technik auf die Vielfältigkeit des Materials
- 4 Sensorische Materialeigenschaften: sensorische Materialcharakteristiken und Charakterisierung Material durch semantisches Differential (Illustration: Autorin)
- 5 Technische Materialeigenschaften (Illustration: Autorin)
- 6 Antimikrobielle Holzoberflächen wie z.B. Türgriffe, ETH/EMPA
- 7 Leichtgewichtiges Velo aus Nanocellulose und Ioncell-F Filament, DWOC (Design World of Cellulose) Finnland, Tiina Härkäsalmi
- 8 „Wooden Windows“, transparentes, wärmeenergiespeicherndes Holz, KTH
- 9 Swiss Ebony Griffbrett aus verdichtetem Holz von Swiss Wood Solutions, ETH/EMPA

nommen. Dreidimensionale Formen mit hohen Festigkeiten können hergestellt werden. Mechanismen des natürlichen Rohstoffs, wie der zähe faserige Bruch bleiben bestehen. Die Eigenschaft des Wassertransports im Holz wird durch den Prozess der Verdichtung abgeschafft. Zusätzlich ist das Material durch den Entzug des Lignins UV-stabil. Des Weiteren hat die Wahl der Technik, also der Weiterverarbeitung, und Matrix (Klebe medium) Einfluss auf die Beschaffenheit des Endmaterials und somit auch auf die grosse Bandbreite verschiedener Anwendungsmöglichkeiten (Frey et al., 2018). Im Vergleich zu anderen Holzmodifikationen bietet diese Variabilität, in Veränderung der Matrix beziehungsweise der Technik, eine grosse Anzahl an unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten.

Methodik und Prozess

Durch explorative, experimentelle Materialtest mit unterschiedlichen Techniken und Matrixen werden Eigenschaften wie die Ästhetik, die Verarbeitung und die Stabilität der Struktur getestet. Durch diese Herangehensweise kann eine ganzheitliche Einordnung der Variabilität des Werkstoffkonzeptes aufgezeigt werden. Im Rahmen von Workshops werden angefertigte unterschiedliche Materialmuster gesamtheitlich sensorisch charakterisiert und ein übergeordnetes semantisches Differential erstellt. Die in den Workshops angewandte Blumen-Methode lässt zukünftige Anwendungen eingrenzen und vertiefen. Die Absicht dabei ist es, das Material mit einem «Open Source Gedanken» in seiner Gesamtheit zu erfassen. Das Zusammenspiel und der parallele Arbeitsverlauf von theoretischer wie auch praktischer Arbeit zeigt, dass durch die möglichen Rollen des Designs in einer Kollaboration die Vielfältigkeit eines Materials in einer nachhaltigeren, breiteren und holistischeren Art und Weise aufgezeigt und erforscht werden kann. Eine Vervielfachung der Ergebnisse öffnet das Spektrum an möglichen Anwendungen. Die «Material Diversity» - Methode entwickelt aus der theoretischen Masterarbeit wird auf den praktischen Teil adaptiert und umgesetzt. Prozessschritte in der Umsetzung wie der Bau von «unfertigen» Prototypen, die konzeptuelle Visualisierung von Szenarien sowie das Entwickeln einer Kommunikationsstrategie laufen dabei zeitgleich.

Master Design Product Design
Meri Tuuli
Zirkelbach

Relevanz & Impact

Relevanz

In den letzten Jahren hat ein Umdenken stattgefunden und das Interesse beziehungsweise die Nachfrage an nachwachsenden, erneuerbaren Rohstoffen ist gestiegen. Der Kunde verlangt nach natürlicheren, umweltfreundlicheren Materialien. Diese werden die einzige Alternative zum irgendwann ausgeschöpften Erdöl sein. Durch die Ersetzung von bestehenden Technologien und Produkten mit dem Rohstoff Holz können neue Märkte erschlossen werden, welche eine nachhaltigere Wertschöpfungskette garantieren. Design kann in diesem Kontext als unterstützendes Mittel zur Beschleunigung von wissenschaftlicher Innovation dienen. Zu Beginn einer Forschungsphase oder während einer Technologieentwicklung kann Design helfen, kommerzielle und zielgerichtete Anwendungen für die Arbeit von Wissenschaftlern zu entwickeln (Sainsbury, 2007). In den letzten Jahren gibt es zahlreiche Beispiele dafür, dass der Wert von Design und Designmethoden in der Forschung und Industrie eine Rolle spielt und Design als verknüpfendes Element beider Bereiche verstanden werden kann (Driver et al., 2012; Itälä, 2014; Peralta, 2013). Ein Technologietransfer zwischen den Disziplinen und dadurch eine Unterstützung der Materialinnovation wird nur durch einen dialogischen Austausch von Design und Wissenschaft möglich.

Idee & Impact

Durch das Einsetzen der «Material Diversity» - Methode kann die Vielfältigkeit des Materialkonzepts «WhiteWood» gesamtheitlich dargestellt werden. Die Entwicklung und Forschung neuer innovativer Materialkonzepte wird durch die Multiplikation an Ergebnissen begünstigt, so dass das Material in unterschiedlichen Bereichen rascher wirtschaftlich umgesetzt werden kann. Die Vision, Rohstoffe aus fossilen Quellen zu ersetzen, wird beschleunigt.

Designspezifisch liegt dabei der Fokus auf verschiedenen Gebieten, welche erst im Zusammenspiel und in der Kollaboration zwischen Design und Wissenschaft die Vielfältigkeit eines Materials gesamtheitlich aufzeigen:

- Exploratives Prototyping (Materialgetriebene Experimente, Visualisierungen und «unfertige» Prototypen von Anwendungsmöglichkeiten)
- Kommunikation (Marketing, wirtschaftliche Umsetzbarkeit und Aufzeigen der ökologischen Nachhaltigkeit)

Anwendungsbereiche

Die ausgezeichnete mechanische Leistung und das Potential von holzspezifischen Eigenschaften, wie der zähe Bruch lässt das neue Werkstoffkonzept in mannigfaltigen Anwendungen umsetzen. Der Einsatz des Materialkonzepts kann in die drei folgenden Bereiche, welche Überlappungen aufweisen, unterteilt werden:

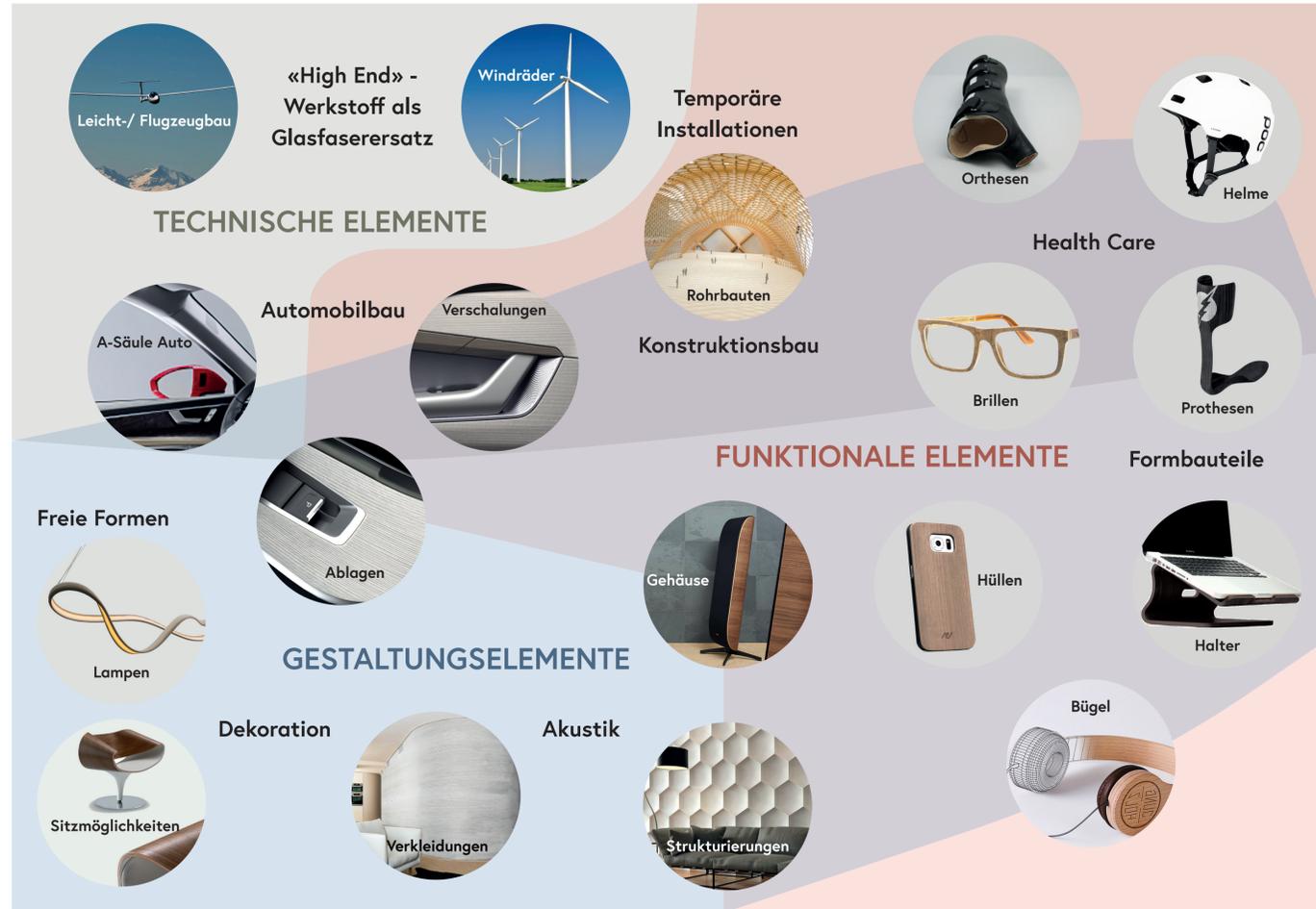
- als technisches Element («High End» - Werkstoff als Glasfaserersatz, Leicht-, Flugzeug- und Automobilbau),
- als funktionales Element (Konstruktionsbau, Health Care, Formbauteil),
- oder als Gestaltungselement (freie Formen, Akustik, Dekoration).

Im Rahmen der Arbeit wurden Objekte aus allen drei Anwendungsbereichen in Form von Prototypen und Visualisierungen gebaut und realisiert.

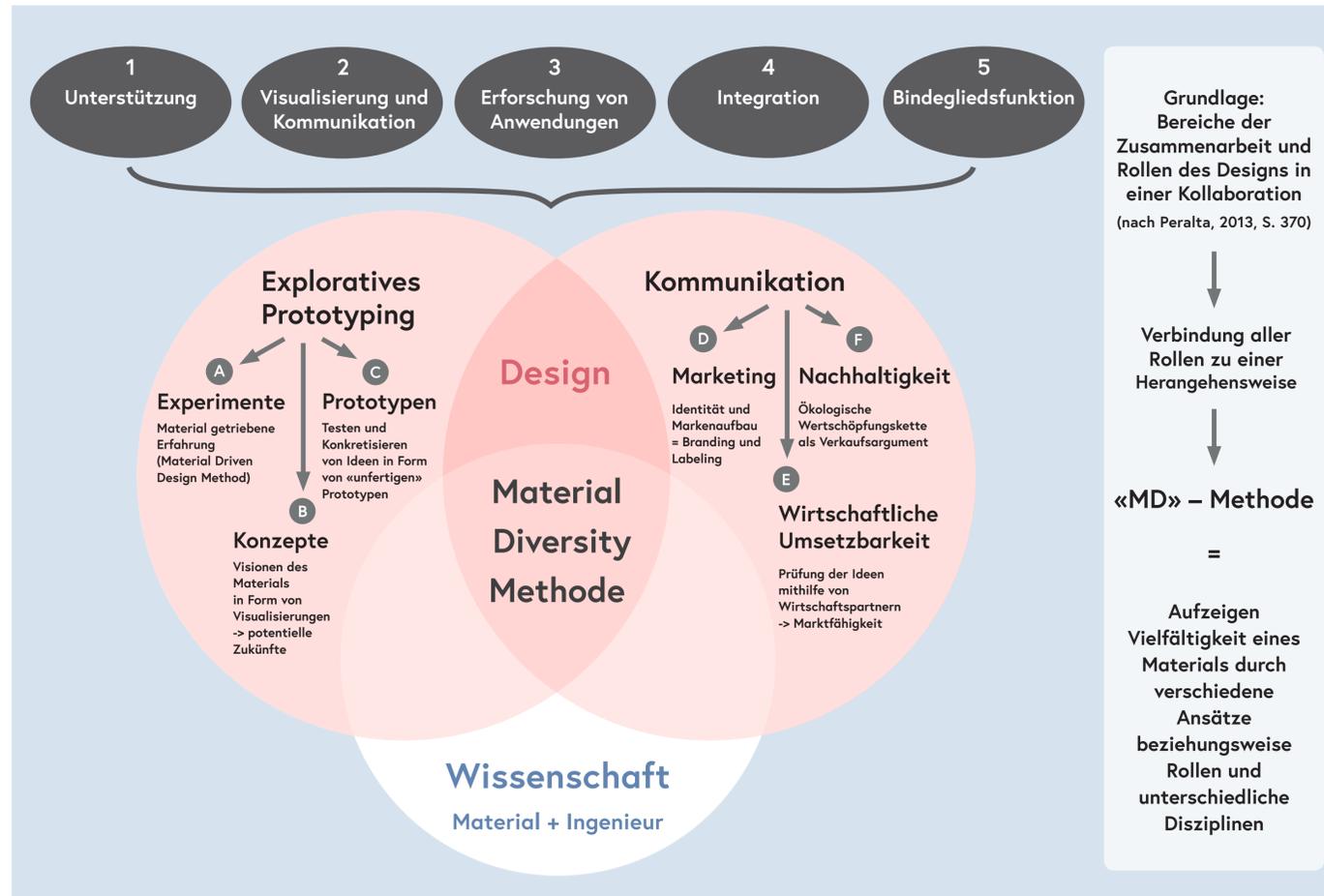
Momentaufnahme und Ausblick

Die Analysen verschiedener Kollaborationen in der theoretischen Arbeit und das Entwickeln eines Leitfadens der Zusammenarbeit zeigt die Wichtigkeit von Designprozessen in der Entwicklung neuer Materialien auf. Aktuell hat die Öffnung der Kommunikation und der Austausch in der Zusammenarbeit einen Einfluss auf die Materialentwicklung erwirkt. Die Kollaboration von Designern und Wissenschaftlern und das Einsetzen der «Material Diversity» - Methode hat gezeigt, dass ein Technologietransfer zwischen den Disziplinen möglich wird und ein Materialkonzept in seiner Vielfältigkeit dargestellt werden kann. Fachpublikationen in materialwissenschaftlichen Journalen wurden gemeinsam geschrieben und ein Patentantrag über die technische Verarbeitung eingereicht. Da die Materialforschung an der ETH/EMPA zukünftig weiter geführt wird, ist geplant, die gewonnenen Ergebnisse aus Theorie und Praxis publik zu machen und geschaffene Möglichkeiten wie beispielsweise Prototypen oder den Webauftritt weiter zu entwickeln. Internationale Firmen werden das Projekt zukünftig finanziell unterstützen, um eine serielle Umsetzung beziehungsweise ein Upscaling voran zu treiben.

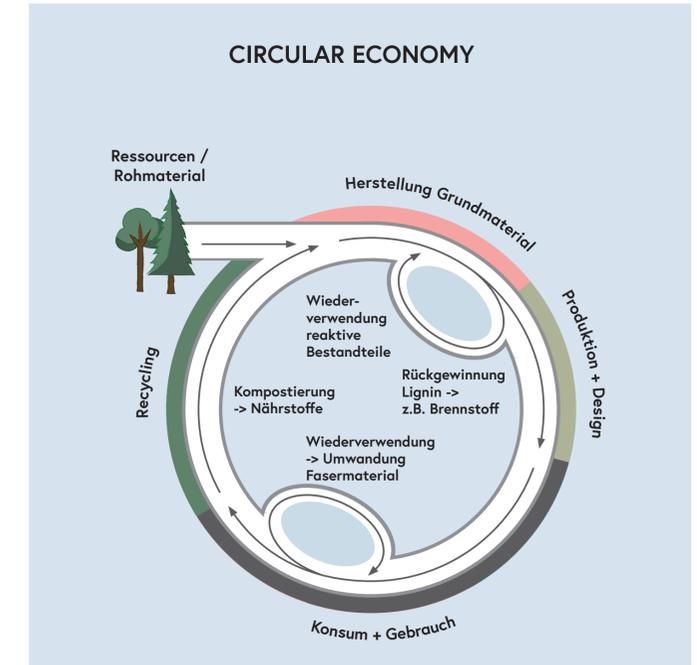
Master Design
Product Design
Meri Tuuli
Zirkelbach



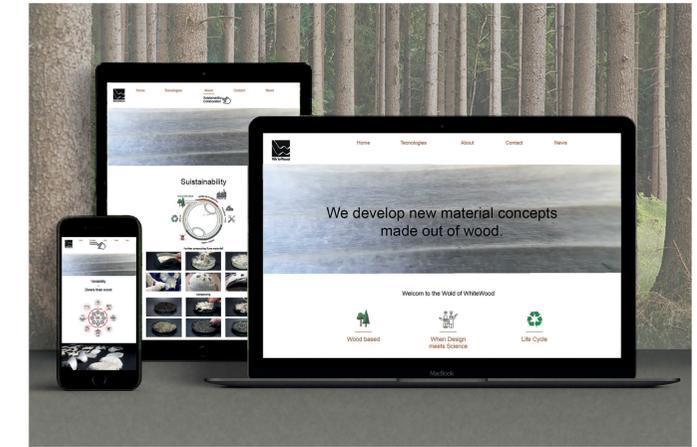
12



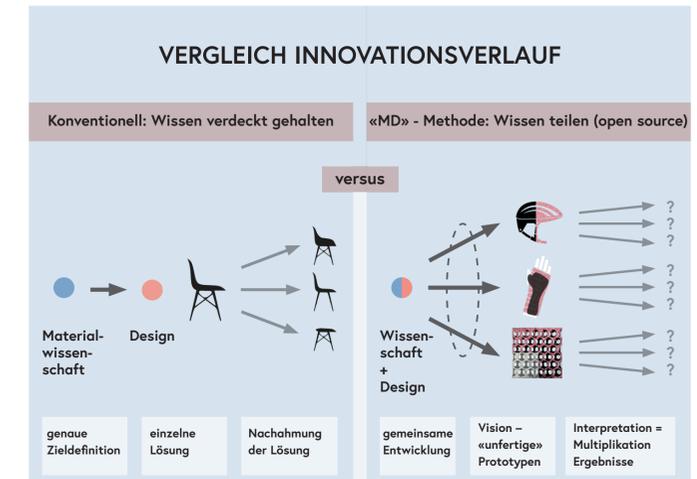
13



14



15



16

- 12 Zusammenstellung Anwendungsmöglichkeiten, Resultate Workshops, Unterteilung in technische, funktionale und Gestaltungselemente (Moodboard: Autorin)
 13 Herleitung «Material Diversity» - Methode (Illustration: Autorin)
 14 Circular Economy des Materials (Illustration: Autorin)
 15 Mockup Webauftritt Vorschlag für Informationsplattform (Foto: Autorin)
 16 Vergleich Innovationsverlauf von konventionell zur «Material Diversity» - Methode (Illustration: Autorin)