

Netto Null 2050



Schweizer Holz für
die Generationen
Challenge

Netto Null 2050 – Schweizer Holz für die Generationen Challenge

Berichtsautorin und Projektleiterin: Dimitra Vlaskou Badra, CLB Schweiz GmbH

Technischer Schlussbericht

Datum:

12.07.2023

Verfügungs-Nr.:

8V80/00.5196.PZ/0025/825BDE619

Vertragsdauer:

01.Juli 2021 bis 30.Juni 2023 (24 Monate)

Version:

3.0

Hinweis und Dank

Dieses Projekt wurde realisiert mit Unterstützung des Bundesamts für Umwelt (BAFU) im Rahmen des Aktionsplans Holz, der Stiftung Swiss Engineering und PEFC Schweiz.
Herzlicher Dank gilt auch allen am Projekt beteiligten.

1. Abstract

Dem Schweizer Material-Konsum sind jährlich 31 Mt CO₂-Äquivalente zuzuordnen. Diese gilt es im Rahmen der Zielsetzungen „Netto Null Treibhausgasemissionen 2050“ auf null zu bilanzieren. Es wurden Szenarien erarbeitet und verglichen, in welchen die stoffliche Nutzung von Holzinnovationen der energetischen Holznutzung vorgezogen wird und diese Holzinnovationen anstelle von ressourcen- und emissionsintensiven konventionell produzierten Gütern den Schweizer Konsum bedienen. Durch ihr Kohlenstoffspeicher- und Substitutionspotential sollen diese holzbasierten Alternativen zu einer Nullbilanz beitragen. Dabei wurde der Einfluss der Allokation der verfügbaren Holzmengen auf die Bereiche Bauwesen, Textilien, Kunststoff und chemische Grundstoffe untersucht. Da in den betrachteten Systemen die CO₂-Vermeidung maximal 4.2 Mt CO₂-Äquivalent/Jahr beträgt, sind weitere Massnahmen nötig, welche über Workshops mit Fachleuten und Fachfremden erarbeitet wurden.

Die Erkenntnisse wurden im Sinne des Wissenstransfers in Form einer dreitägigen Ausstellung mit Fachgesprächen und Workshops veröffentlicht.

Die Zielgruppen wurden erfolgreich über die Einsatzmöglichkeiten von Holzinnovationen sowie die Prinzipien der Kreislaufführung von Holzprodukten informiert.

2. Inhaltsverzeichnis

1. Abstract.....	3
2. Inhaltsverzeichnis	4
3. Abbildungen und Tabellen	6
4. Ausgangslage	8
5. Projektziele	10
6. Zielgruppen.....	11
7. Methode	12
8. Projektablauf/-beschreibung.....	14
Arbeitspaket 1.....	14
Literaturrecherche und Interviews mit Fachleuten (Arbeitspaket 1).....	14
Detailkonzepte und Case Studies.....	15
Arbeitspaket 2.....	18
Entwurf der kreislaufbasierten Holzwirtschaft Schweiz	18
Holzbedarf zur Substitution des derzeitigen Konsums.....	18
Entwurf der kreislaufbasierten Holzwirtschaft Schweiz 2050: Szenarienentwicklung	22
Workshops mit Fachfremden und Fachleuten	23
Framework der Workshops.....	24
Strukturierung der Workshops.....	24
Methodisches Vorgehen zur Interpretation der Workshop Resultate	26
Arbeitspaket 3.....	27
Kommunikation	27
Ausstellung Vision Netto Null.....	27
Factsheets.....	33
9. Ergebnisse und Diskussion	35
Substitution des Schweizer Materialkonsums mit Holz.....	35
Holzbau	35
Chemische Grundstoffe und Kunststoffe.....	35
Szenarien für die kreislauf- und holzbasierte Schweiz 2050	37
Qualitative Resultate:	42
Factsheets.....	46
Ausstellung Vision Netto Null.....	47

Kernaussagen zur holz- und kreislaufbasierten Vision der Schweiz 2050.....	50
Ausgestellte Informationen zu den betrachteten Cases	50
Grundlageninformationen.....	57
Feedbacks aus dem Publikum	57
10. Schlussfolgerungen.....	60
11. Literaturverzeichnis	62

3. Abbildungen und Tabellen

Abbildung 1 Umwelteinfluss des Schweizer Konsums nach Abzug der energiebezogenen Emissionen unter dem Szenario Zero der Energieperspektiven 2050+	16
Abbildung 2 Verteilung der Materialbedingten THG-Emissionen ohne Lebensmittel, Tiere und Energie. Daten aus: (MatCH Synthese, Empa 2019)	17
Abbildung 3 Herleitung der Ausbeute für Bauholz. [1]: Daten aus Krackler et al., 2010, [2]: Daten aus Bundesamt für Statistik, 2022	20
Abbildung 4 Framework für die Workshops Netto Null 2050. Das Framework wurde für Aufgabe 1 und Aufgabe 2 verwendet. An Vor-Ort-Workshops wurden die Frameworks auf A0 Poster gedruckt, an Onlineveranstaltungen über ein Miro-Board verfügbar gemacht. Bild: CLB Schweiz GmbH.	26
Abbildung 5 Konzeptstudie zur optimalen Inszenierung der Ergebnisse des vorliegenden Projekts. Bild: Nora Strebel	28
Abbildung 6 Skizze der Inszenierung der Forschungsergebnisse. Bild: Nora Strebel	29
Abbildung 7 Der Eingangsbereich zur Ausstellung Vision Netto Null wird zur Zeitmaschine. Bild: CLB Schweiz GmbH	30
Abbildung 8 Dokumentation eines internen Workshops zur Definition der Kernaussagen für die Ausstellung Vision Netto Null.	32
Abbildung 9 Interner Workshop zur Definition der aussagekräftigsten Statements zu Holzinnovationen, welche das Leben in der Vision Netto Null 2050 in der Schweiz materialisieren könnten.	32
Abbildung 10 Ausschnitt der Instagram Page generation.netto.null. Bild: CLB Schweiz GmbH	33
Abbildung 12 Beispiel eines Bioproduktewerks, in dem Holz durch Aufschlussprozesse in seine Bestandteile Lignin, Zellulose und Hemizellulose aufgespalten wird, woraus eine breite Produktpalette entsteht. Bild: Lehner, 2018, S.10.	36
Abbildung 12 Die Fact-Sheets zu den vier näher betrachteten Cases Holzbau, Textilien, Kunststoffe und chemische Grundstoffe (im Uhrzeigersinn) im Überblick	46
Abbildung 13 Rahmenprogramm der Ausstellung Vision Netto Null 2050	47
Abbildung 14 Besuchende der Ausstellung Vision Netto Null 2050 sind ins Studium der Grundlagen (oben) und der Informationen zum Wald vertieft. Bild: CLB Schweiz GmbH	48
Abbildung 15 Foto des aufgestockten Gebäudes (rechts) und des Materiallagers (links)	49
Abbildung 16 Inszenierung der Case Studies Kunststoffe (Kopfhörer, links) und Textilien (T-Shirt, mitte). Kim (rechts) begrüsst die Besuchende der Ausstellung Netto Null 2050. Bild: CLB Schweiz GmbH	49
Abbildung 17 Schematische Darstellung des Holzbaus. Bild: Nora Strebel	50
Abbildung 18 Ausgestellte Grundlageninformationen zum Beitrag von Holzinnovationen zu Netto-Null-Bestrebungen.	57
Abbildung 19 Besuchendenumfrage. Frage: Wie vertraut warst du vor der Ausstellung Vision Netto Null 2050 mit dem Konzept „Netto Null“?	58
Abbildung 20 Besuchendenumfrage. Frage: Hast du vor der Ausstellung vom Potential von Holz im Konzept Netto Null gewusst?	58
Abbildung 21 Besuchendenbefragung. Frage: Welche Produkte würdest du gerne aus Holz sehen	59

Abbildung 22 Besuchendenbefragung. Frage: Was hat Dir am Event besonders gefallen? Es war nur eine Antwortmöglichkeit möglich.....60

Tabelle 1 Zusammenstellung der Holzflüsse und totale CO₂-Vermeidung je Szenario aus den zur Veranschaulichung der Effekte der Holzfluss-Allokation in verschiedene Sektoren erarbeiteten Szenarien Holzbau, Aufschlussprodukte und Mix.38

Tabelle 2 Am Konsum 2018 anteilmässige theoretisch mögliche Substitution innerhalb der verschiedenen betrachteten Szenarien.39

Tabelle 3 Auflistung der Holzmengen und CO₂-Vermeidung relativ zur Holznutzung im Jahr 2020 je Sektor so wie Speicherung durch den Einsatz von Holz im Bauwesen für die drei Szenarien Holzbau, Aufschlussprodukte und Mix.41

Tabelle 4 Sammlung der kommunizierten Inhalte zum Holzbau in der Vision Netto Null 2050.51

Tabelle 5 Sammlung der kommunizierten Inhalte zum Textilienkonsum in der Vision Netto Null 2050.....52

Tabelle 6 Sammlung der kommunizierten Inhalte zum Kunststoffkonsum in der Vision Netto Null 2050.....53

Tabelle 7 Sammlung der kommunizierten Inhalte z chemischen Grundstoffen in der Vision Netto Null 205054

Tabelle 8 Sammlung der kommunizierten Inhalte zum Wald in der Vision Netto Null 205055

Tabelle 9 Sammlung der kommunizierten Inhalte zum Materiallager in der Vision Netto Null 205056

4. Ausgangslage

Die Schweiz strebt in Richtung einer kreislauf- und biobasierten Wirtschaftsentwicklung (Bio-ökonomie) in denen die Ressourcen Wald und Holz eine Netto-Null CO₂ Gesellschaft mitemöglichen (BAFU et al. (Hrsg.), 2021). Die allgegenwärtigen Bemühungen in den drei Bereichen «Effizienzsteigerung» (z.B. Energieeffizienzmassnahmen), «Konsistenz» (z.B. Elektromobilität) und «Suffizienz» (z.B. Reduktion der Verpackungen) tragen hauptsächlich dazu bei, die Schweizer Treibhausgasemissionen zu senken. Um eine Nullbilanz zu erreichen, muss jedoch weiter gegangen werden.

Der Schweizer Wald ist eine natürliche CO₂-Senke, welche anders als Carbon Capture and Storage Technologien CO₂ durch biologische Prozesse in Kohlenstoff umwandelt und dabei einen universalnützlichen Stoff produziert: Holz. Dementsprechend zielt der Schweizer Bund auf eine erhöhte Nutzung der Wald-Ressourcen und die Stärkung der Wald- und Holzwirtschaft (Bundesamt für Umwelt BAFU 2021).

Da Land und Wald-Wachstum begrenzt sind, ist die Betrachtung der kreislaufbasierten und wenn nötig kaskadischen Nutzung von Holz, der Wiederverwendung und dem Upcycling von holzbasierten Produkten der Schlüssel, der zum nachhaltigen Erfolg der holzbasierten Schweizer Kreislaufwirtschaft führt.

Von Aroma bis Zahnpflege: Schon heute befindet sich die Schweizer Holzforschung an einem Punkt, an dem nichts unmöglich erscheint (S-WIN 2021). So erreichen z.B. Kunststoffe aus Holz, Duftträger aus Holz und auch Schweröl ersetzende Energieträger aus Holz bereits Technologie-Reifegrade der Massenproduktion. Trotzdem ist das «Death-Valley», die Schlucht zwischen Forschung und Massenproduktion, heute noch deutlich sichtbar. Um die Brücke zu spannen, muss auch eine entsprechende Nachfrage nach Holzprodukten bestehen. Um das riesige Potential ausschöpfen zu können, ist es zentral, mittels geeigneten Kommunikationsmassnahmen ein Bewusstsein dafür zu schaffen und aufzuzeigen, welche Güter bereits auf Holzbasis existieren, und welche Holzinnovationen in welchen Einsatzmöglichkeiten es in der nahen Zukunft werden können, damit sie effektiv zur Zielerreichung von Netto-Null beitragen können.

Wie sähe die Schweiz also aus, wäre sie maximal holzbasiert? Welche Technologien müssten zum Standard werden, um substituierbare Produkte zu ersetzen? Wie würde die Nutzung von Holz funktionieren und wieviel Holz müsste für die Produktion der in der Schweiz konsumierten Materialien eingesetzt werden?

Und unter welchen Bedingungen ist das Leben in einer maximal holz- und kreislaufbasierten Netto Null Gesellschaft Schweiz überhaupt möglich?

Um diese Schlüsselfragen zu beantworten, sind nicht nur heutige Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger (Akteure aus Wissenschaft und Wirtschaft, Sektoralpolitiken neben Holz (Tschannen et al. 2021)) zu konsultieren. Insbesondere die Schlüsselpersonen von morgen, engagierte junge Menschen der Generation Netto-Null, die für den Klimaschutz und radikale Veränderung stehen (u.a. Netto-Null im Jahr 2030, Verbot von fossilen Kraftstoffen und fossi-

lem Strom (Climatestrike 2021)), sind einzubeziehen, wenn Lösungsansätze für ihre zukünftigen Entscheidungen und aktuellen Problemstellungen erarbeitet werden. Als Konsumentinnen und Konsumenten von Holz- und Nichtholzprodukten, als «Architektinnen und Architekten der Veränderung» (Han and Ahn 2020) bezüglich Klimapolitik und heranwachsende Experten im Jahr 2050, sind sie die kritische Masse, die die Zukunft nachhaltig gestalten will und muss. So müssen sie als Bürgerinnen und Bürger kompetent informiert werden und aktiv in Entscheidungsprozesse einbezogen werden (Checkoway 2011; Han and Ahn 2020).

Damit die Bioökonomie in der Schweiz konzipiert und umgesetzt werden kann, müssen festgefahrene Denkweisen innerhalb der verschiedenen Stakeholdergruppen abgelegt werden und dieses Ziel muss mit neuen Kooperationen, Konzepten und innovativen Ansätzen angegangen werden. Im Besonderen müssen Menschen erreicht werden, die die nahe und ferne Zukunft formen werden. Es sind nicht nur die Fachleute, «wir Hölzigen», die die Forschung, das Design, den Anbau und die Verarbeitungsmethoden im Holz-Bereich weiter revolutionieren sollen und können. Es sind «wir» als Gesellschaft. Es braucht ein branchenübergreifendes kollektives Verständnis, um das Potential zu nutzen, über welches die Schweizer Wald- und Holzindustrie zur Emissionenreduktion verfügt. Jedes Gut, das wir nutzen, jede Entscheidung, die wir fällen, kann CO₂-Emissionen einsparen oder sogar speichern. Diese Erkenntnis muss breit gestreut werden, um einen nachhaltigen Wandel im Schweizer Konsum realisieren zu können.

Die Generation Netto-Null und die breite Öffentlichkeit sind es, die erreicht werden müssen, um ihre Energie und Kreativität in eine Industrie einzubringen, die heute durch hohe Investitionen, Landkosten und Konkurrenz in eine Sackgasse führend erscheint.

Die aktuellen Kommunikationsmittel sind in ihrer grossen Mehrheit wissenschaftliche Publikationen, Merkblätter und Webseiten, die es fast wie Sand am Meer gibt, die kurzzeitig konsultiert werden und in Folge in Ordnern und Ablagen «verstauben» - können damit die Generation Netto Null und die breite Öffentlichkeit erreicht werden? Menschen müssen selbst erleben, fühlen, und „be-greifen“, welche Möglichkeiten technologische Fortschritte eröffnen. Sie müssen erkennen, dass die Akteure von morgen nicht dieselben wie heute sind, fühlen, was solche Zukunftsausblicke bedeuten und „be-greifen“ wie Produkte und Güter sich dementsprechend und nach ihren Wünschen ändern werden.

Es ist also ein Umdenken auch im Bereich Kommunikation nötig, um das nötige Verständnis für die Produkt- und Klimaschutz-bezogenen Möglichkeiten von holzbasierten Anwendungen und Produkten bei Fachleuten und Fachfremden aufzubauen.

Dazu ist es auch nötig, eine Veranschaulichung einer möglichen Realität als Vision und Diskussionsgrundlage zur Verfügung zu haben.

5. Projektziele

Das Projekt verfolgte drei übergeordnete Ziele:

1. Erarbeitung von inspirierenden Konzepten für die Holzverarbeitungskette für eine völlig zirkulär aufgebaute, maximal holzbasierte Schweizer Netto-Null CO₂ Gesamtwirtschaft.
2. Erlebnisorientierte und einladende Kommunikation der Produkt- und Klimaschutz-bezogenen Möglichkeiten von holzbasierten Anwendungen und Produkten.
3. Einbindung der Generation Nett Null – junge Erwachsene mit Interesse für Nachhaltigkeit - in die Gestaltung der visionären Netto Null Zukunft mit Holz

Bezogen auf den Aktionsplan Holz, können folgende überlappende Ziele identifiziert werden:

- Stärkung des Bewusstseins für ökologische Vorteile für Holz und Modellierung lückenloser Kreislaufkonzepte für die holzbasierte Bioökonomie.
- Das Projekt zeigt Modelle von lückenlosen Holzketten inklusive der dazu nötigen Mengengerüste wie Potentiale der Ressourcenverfügbarkeit und CO₂ Speicherkapazität in Produkten und Gütern auf. Die Inszenierung von kreislauffähigen Holztechnologien zeigt den Einsatz und die mögliche Umsetzung kreislauffähiger Konzepte. Der Einsatz der Methodik der Zukunftsforschung zeigt weiteren Bedarf an Innovationen und Entwicklungen auf.
- Die im Projekt durch Workshops entstehenden Partnerschaften zwischen Akteuren der Wirtschaft, Planung, Forschung, Zukunftsforscher*innen und der Klima Generation vernetzt neue Fachbereiche und Gruppen und fördert eine interdisziplinäre «wir-Kultur» mit dem Gemeinsamen Ziel: Netto-Null CO₂. Die Umsetzung der Vermittlung der Projektergebnisse greift weit über die gewöhnlichen Kooperationen innerhalb der Holzbranche und erlaubt auch Kunstschaffenden und jungen Erwachsenen zu lernen und entwickeln, welchen Beitrag Holz in einer Netto-Null Gesellschaft leisten kann. So werden sie mit der Materie bekannt gemacht und können früher oder später einen Beitrag zur holzbasierten Transformation der Schweizer Wirtschaft leisten.
- Die erarbeiteten kreislauffähigen und holzbasierten Detailkonzepte aus fünf relevanten Sektoren zeigen auf, dass holzbasierte Güter mit fossilen konventionellen Gütern konkurrieren können. Dies bietet Entwickelnden und Forschenden eine Plattform, um die Anwendung Ihrer Produkte bekannter zu machen und dient ihnen wie der Zielgruppe der Kampagne als Anreiz, vermehrt solche Produkte zu entwickeln, zu produzieren und zu konsumieren.
- Durch die Kanäle der Projektpartner werden auch Planer*innen und Architekt*innen angesprochen. Durch die vorgestellten holzbasierten und kreislauffähigen Konzepte ist ihnen der Rohstoff Holz als praktisches und vielseitig einsetzbares Material für Innen- wie Aussenanwendungen bekannt. Es wird aufgezeigt, dass beim Bau und der Sanierung die Systemtrennung, die Holz meistert, ressourcenschonend und attraktiv ist. Weiter wird aufgezeigt, dass viel Holz eingesetzt in Gebäuden und Infrastruktur CO₂ speichert.
- Endlich kann erlebt werden, was Netto-Null bedeutet, wie es erreicht werden kann und welche spektakulären Produkte und Prozesse aus und mit Holz neben dem Holzbau und den bekannten Produkten möglich sind: Auch Nebenprodukte und Holz von niederer Qualität können genutzt werden, funktional sein und gut aussehen.

Wissenstransfer

- Die Zielgruppen werden durch einladende Kommunikation und einzigartiger Präsentation der Resultate in Form einer Ausstellung die Möglichkeit der CO₂ Kompensation durch langlebige Holznutzung eingeführt. Einerseits beinhaltet die Ausstellung Wissensgrundlagen und neue Erkenntnisse, wie kreislauffähige holzbasierte Konzepte für bestehende Sektoren. Andererseits werden diese so aufbereitet, dass sie Fachfremde erreichen, überraschen und überzeugen. Die Partizipation von Fachfremden und Fachleuten und der Wissenstransfer über ihre Kanäle, dient dem Wissenstransfer nach aussen, was Verhaltensänderungen mit sich bringen kann (Aktionsplan Holz, 2021).
- Das Projekt prägt die Entscheidungstragenden und Konsumentinnen und Konsumenten, die die Zukunft der Schweiz formen werden (Han & Ahn, 2020), indem es über die grenzenlosen Möglichkeiten von Holz aller Qualitäten in den genannten relevanten Sektoren des Schweizer Alltags aufklärt. Die Berichterstattung sowie die wiederverwendbare Ausstellung dient als Inspirationsquelle für zukünftige Forschung, als Vorschlag für Geschäftsmodelle und vor allem als Zeichen, dass und wie Netto-Null funktioniert.
- Akteure der Wirtschaft nutzen die Fact-Sheets zu den erarbeiteten Konzepten als Informationsgrundlage, Anregung und Unterstützung für zukunftsorientierte, umweltbewusste Entscheidungen und Handlungen.

6. Zielgruppen

- Akteure der Schweizer Wald-, Holz, Holzenergiewirtschaft
- Private / öffentliche Waldeigentümer
- Öffentliche, institutionelle, private Bauherrschaften
- Heutige und zukünftige Konsumentinnen und Konsumenten von (Schweizer) Holz-Produkten (im Folgenden unter dem Begriff Fachfremde gesammelt)
- Neue Akteure aus dem Bereich der Bioökonomie
- Entscheidungsträger der öffentlichen Hand
- Planende (Ingenieurinnen und Ingenieure, Architektinnen und Architekten, etc.)
- Vertretende von anderen Sektoralpolitiken

7. Methode

Ziel der vorliegenden Arbeit ist, in Zusammenarbeit mit jungen Erwachsenen eine Vision der kreislaufbasierten und radikal holzbasierten Schweiz 2050 zu kreieren, in welcher der Einsatz von holzbasierten Innovationen anstelle von konventionellen Gütern aus nicht nachwachsenden Rohstoffen als Mittel zur CO₂-Reduktion, -Vermeidung und -Speicherung führt.

Eine **Literaturrecherche** (s. AP 1), semi-strukturierte **Interviews und Gespräche mit Fachleuten** (s. AP 1) und **Workshops mit Fachleuten sowie Workshops mit Fachleuten und Fachfremden** (AP 2) wurden durchgeführt, um zu untersuchen, welche konventionellen, ressourcen- und emissionsintensive Güter in der Zukunft mit Holzinnovationen substituiert werden könnten, um eine Netto Null Bilanz zu erreichen.

Nach der Identifikation der zu substituierenden Güter wurde anhand der **Gegenüberstellung von effektiven Konsummengen der Güter und der Holzverfügbarkeit zur Produktion der äquivalenten Holzprodukte in Abhängigkeit mit der produkt- und technologiespezifischen Ausbeute (AP2)** untersucht, ob unter der Berücksichtigung des Schweizer Konsums diese Güter mit Schweizer Holz substituiert werden könnten. Dazu wurden in Detailkonzepten verschiedene Sektoren und Güter als holzbasiert und unter Voraussetzung der kreislauffähigen Materialisierung ohne Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte entworfen.

Des Weiteren wurde **anhand der Gegenüberstellung der im Jahr 2050 nachhaltig verfügbaren Holzmengen und des Holzbedarfs zur Produktion der Substitute (AP2)** untersucht, welche Holzmengen für die Substitution der betrachteten Güter gesamthaft verfügbar sind und welchen CO₂-bezogenen Effekt die Allokation von Restholz und nicht sägefähigen Holzsortimenten auf verschiedene Produktgruppen hat. Daraus resultierten drei Szenarien als Veranschaulichung der CO₂-Vermeidung und -Speicherung unter verschiedenen Holzwirtschafts-Modellen.

Abgrenzung:

Wirtschaftliche Aspekte wurden nicht berücksichtigt, da aufgrund der übergeordneten Ziele und strukturellen Veränderungen, die sie zur Umsetzung in die Praxis benötigen, neue Geschäftsmodelle und Kostenberechnungen zu berücksichtigen wären, die in Folgeprojekten erarbeitet werden können.

Die Resultate wurden in **Workshops (AP2)** mit Fachleuten und Fachfremden besprochen und ergänzt, um den Wissenstransfer zu gewährleisten sowie Wünsche und Erwartungen an die Zukunft miteinbeziehen zu können, und so eine gemeinsame Vision der Schweiz 2050 zu kreieren.

Um die Vision der kreislauf- und holzbasierten Schweiz 2050 erlebbar und fassbar zu machen, wurde im Sinne des Wissenstransfers und der branchenübergreifenden Verknüpfung interessierter Zielgruppen als zielgerichtete Kommunikationsmassnahme eine **Ausstellung (AP3)** realisiert, in welcher Holzinnovationen, deren möglicher Beitrag zu den Schweizer Klimazielen sowie die Realisierung dieser Vision nötigen herrschenden Rahmenbedingungen kommuniziert wur-

den. Ebenfalls wurden **Fact-Sheets** produziert, welche den Zielgruppen einen raschen, ansprechenden Überblick über Holzinnovationen geben.

8. Projektablauf/-beschreibung

Das Projekt wurde in drei Phasen mit den folgenden Arbeitspaketen (AP) durchgeführt.

- AP1 *Literaturrecherche und Experteninterviews*: Qualitative und quantitative Identifikation der SOLL und IST Situation, Initiierung Austausch zwischen den involvierten Fachpersonen, Definition Case Studies/Konzepte für AP 2.
- AP2 *Quantifizierung und Modellierung*: Darstellen der kreislauffähigen und/oder kaskadischen Holzflüsse in der Kreislaufwirtschaft 2050. Entwurf kreislauffähiger und holzbasierter Konzepte und Ergänzung der Konzepte um qualitative Erkenntnisse aus Workshops.
- AP3 *Kommunikation der Ergebnisse*: Vermittlung der Resultate und Kommunikation, Inszenierung der erarbeiteten Konzepte (im digitalen Raum, Ausstellung im öffentlichen Raum). Die Kommunikation fand zudem fortwährend mit den Stakeholdern statt (z.B. via Instagram mit der Generation Netto-Null etc.).

Arbeitspaket 1

Literaturrecherche und Interviews mit Fachleuten (Arbeitspaket 1)

Eine Literaturrecherche hatte zum Ziel, zu identifizieren, welche Holzinnovationen welche emissionsintensiven Güter optimalerweise im Sinne einer Netto Null Gesellschaft substituieren sollten.

Dabei sollten folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- Welche Nutzung erscheint für Holzerzeugnisse im Rahmen einer Kreislaufwirtschaft optimal und sinnvoll?
- Welche Holzmengen sind für die stoffliche Holznutzung theoretisch verfügbar?
- Welche Güter können 2050 durch holzbasierte Äquivalente ersetzt werden und welche sind nicht substituierbar?

Literaturrecherche

Die durchgeführte Literaturrecherche umfasste folgende Inhalte:

- Treibhausgas (THG)-Quellen (MatCH Synthesebericht) und Prognosen für 2050
- Best Practices für Holz in der Kreislaufführung,
- Nachhaltigkeit und Netto Null,
- aktuelle und zukünftige Waldbewirtschaftungsszenarien sowie verfügbare Holzmengen heute und im Jahr 2050,
- die optimale Kreislaufführung und Kaskadennutzung von Holz,
- aktuell erforschte Holztechnologien und welche fossil-basierten Produkte sie substituieren können,

- sowie das Potential für die Senkung von THG-Emissionen durch Effizienz, Konsistenz und Suffizienz.

Interviews mit Fachleuten

In 10 semistrukturierten Interviews mit Fachleuten aus den Bereichen Holzbau (3 Personen), Energie (2 Personen), Kreislaufwirtschaft (2 Person), Bioproduktewerk (2 Personen), Textilien (1 Person) und Ökobilanzierung (2 Personen) wurde insbesondere auf den aktuellen Stand der Technik, die Soll-Situation 2050 und Best Practices sowie auf das Jahr 2050 als Ausgangslage für den Blick in die Zukunft (2100) eingegangen.

Den roten Faden bei allen Interviews bildeten die folgenden Fragen;

- Wo soll Holz eingesetzt werden?
- Welche Bedingungen müssen gelten?
- Welche Risiken birgt die Substitution mit Holz?

Damit wurden die Einsatzbereiche von Holz in der Vision Netto Null 2050 definiert.

Detaillkonzepte und Case Studies

In Detaillkonzepten wurden verschiedene Sektoren ohne Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte als holz- und kreislaufbasiert entworfen. Wirtschaftliche Aspekte wurden nicht berücksichtigt, da aufgrund der angezielten Resultate und strukturellen Veränderungen, die sie zur Umsetzung in die Praxis benötigen, neue Geschäftsmodelle und Kostenberechnungen zu berücksichtigen wären, die in Folgeprojekten erarbeitet werden müssten.

Sie wurden in Workshops mit Fachleuten der jeweiligen Gebiete und der Zielgruppe diskutiert, sodass darauf basierend realistische, nachvollziehbare und elaborierte Modelle entstehen können.

Auswahl der Case Studies

Aus den Erkenntnissen aus Literaturrecherche, Interviews und Workshops mit Fachleuten wurden Case Studies aus den CO₂-emittierenden Sektoren nach MatCH Synthesebericht (Empa, 2019) zur weiteren Bearbeitung ausgewählt. Die Auswahl erfolgte, indem unter Einbezug der Meinung von Fachleuten und der möglichen Emissionsvermeidung, die näher zu betrachtenden Fälle eingengt wurden.

Holz kann in verschiedenen Bereichen mineralische Stoffe ersetzen (Näher et al., 2020). Insbesondere klimaschädliche Werkstoffe, Chemikalien und fossile Energieträger sollten mit adäquaten holzbasierten Technologien ersetzt werden (Näher et al., 2020).

Die MatCH Synthese (Empa, 2019) zeigt auf, dass die höchsten THG-Emissionen der Energiebereitstellung zuzuordnen ist: Treib- und Brennstoffe verursachen 25 Mt CO₂-Äquivalent bzw. 19 Mt CO₂-Äquivalent jährlich. Die Produktion der in der Schweiz konsumierten Materialien verursacht jährlich 31 Mt CO₂-Äquivalent, die Nahrung für Menschen 18 Mt CO₂-Äqu. und Elektrizität (5.6 Mt CO₂-Äqu.)(Empa, 2019).

Diese grössten CO₂-Quellen kann Holz jedoch nicht effizient substituieren oder sie wurden schon über bestehende Vorschläge abgedeckt:

- Die Energieperspektiven 2050+ zeigen Wege zu einer neutralen CO₂-Bilanz auf, indem im Szenario Zero 11.8 Mt CO₂ zur Speicherung durch Carbon Capture (Utilization) and Storage (CCUS) im In- und Ausland allokiert werden (Schweizerischer Bundesrat, 2020).
- Emissionen durch Nahrungsmittel und Tierhaltung liegen ebenfalls ausserhalb der Handlungsmöglichkeiten mit Holzprodukten, sondern bei Konsumentinnen und Konsumenten und Politik (Empa, 2019).

Aufgrund bestehender Lösungen für die Dekarbonisierung des Energiesektors, sowie des Leitgedankens, Materialien dort einzusetzen, wo sie aufgrund ihrer Eigenschaften die Anforderungen optimal erfüllen, wurde davon abgesehen, Holz als Energieträger zu betrachten. Insbesondere die Tatsache, dass Holz einen hohen Brennwert aber auch hervorragende mechanische Eigenschaften hat, führt in diesem Projekt zur grundlegenden Erkenntnis, dass Holz energetisch nur in industriellen Prozessen, die eine hohe Temperatur erfordern, eingesetzt werden sollte.

Wird also davon ausgegangen, dass der Energiesektor mit anderen Technologien dekarbonisiert wird, verbleiben – wie in Abbildung 1 dargestellt – noch etwa 60 Mt CO₂ Äquivalente zur Reduktion und Substitution bzw. Kompensation (energiebezogen – CCUS).

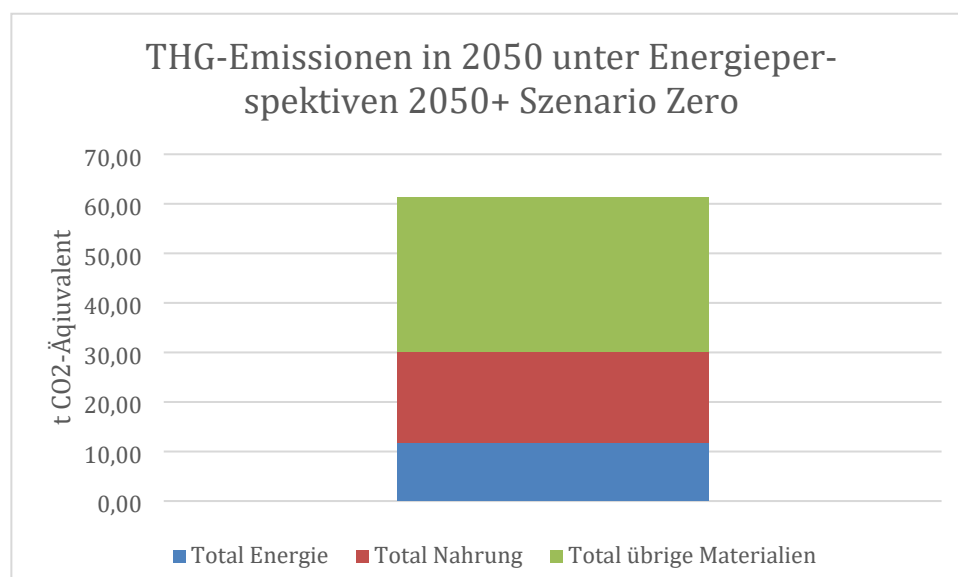


Abbildung 1 Umwelteinfluss des Schweizer Konsums nach Abzug der energiebezogenen Emissionen unter dem Szenario Zero der Energieperspektiven 2050+

Da dem Projektteam keine Erkenntnisse über Holzinnovationen vorliegen, welche zur Reduktion der Emissionen aus der Nahrungsbereitstellung beitragen können, wurde dieser Sektor im vorliegenden Projekt nicht weitergehend betrachtet.

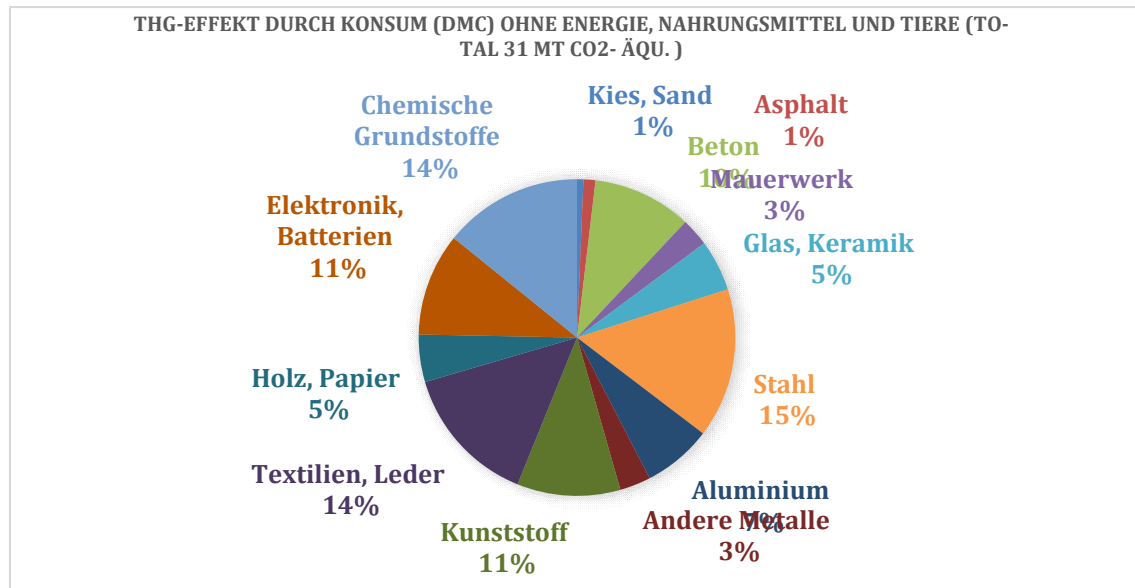


Abbildung 2 Verteilung der Materialbedingten THG-Emissionen ohne Lebensmittel, Tiere und Energie. Daten aus: (MatCH Synthese, Empa 2019)

Ohne Lebensmittel, Tiere und (Betriebs-)Energie, sind die meisten THG-Emissionen den Materialien Stahl, chemische Grundstoffe, Textilien und Leder, Kunststoffe, Elektronik und Batterien sowie Beton zuzuordnen (Abbildung 2).

Für die Case Studies wurden diejenigen Sektoren ausgewählt, welche einen Anteil über 10% an den materialbedingten Emissionen verursachen, für welche keine CO₂-neutrale Alternativen bestehen und für die das Mapping von Holzinnovationen Substitute identifiziert hat.

Die betrachteten Cases sind die Sektoren Bau, Aufschlussprozesse (Textilien & Leder, Kunststoffe und chemische Grundstoffe), sowie Infrastruktur (Wald, nötige Rahmenbedingungen zur Annäherung an die Null-Bilanz) und wurden in Abhängigkeit zueinander dargestellt.

Arbeitspaket 2

Entwurf der kreislaufbasierten Holzwirtschaft Schweiz

Anhand der Auswahl der Case Studies – Sektoren, deren Primärrohstoffe durch Holz substituiert werden könnten – wurde untersucht, welche Holzmenngen als Primärmaterial zur Produktion der Materialien theoretisch nutzbar wären und welche Menge an CO₂-Äquivalent durch die Substitution vermieden bzw. gespeichert werden könnte.

Für jeden Sektor wurde untersucht:

- Ressourcenverfügbarkeit: jedes Konzept alleine (bestenfalls alle Konzepte zusammen) kann/können mit Schweizer Holz umgesetzt werden. Dazu werden Mengengerüste für Supply und Demand je Konzept und gesamthaft erstellt.
- Kreislauffähigkeit: Rohstoffe werden so eingesetzt, dass die Erstnutzung ab Wald grösstenteils in langlebigen Produkten wie Bauten und Infrastruktur erfolgt. So kann eine temporäre Speicherung des im Wachstum aufgenommenen CO₂ gewährleistet werden, wodurch eine Verzögerung der negativen Klimaeffekte durch Treibhausgase ermöglicht wird. Nach Verlust der nötigen mechanischen Eigenschaften und nach Wiederaufbereitung (Rückführung in den Kreislauf) wird das Material verarbeitet und wiederverwendet (Kaskade).

Für die Wirtschaftsbereiche Bauwirtschaft und Aufschlussprozesse wurden die Primärflüsse [Mio. m³ Holz ab Wald oder „First Life Holz“/Jahr], Sekundärflüsse [Mio. m³ Altholz/Jahr] sowie das CO₂ Speicherpotential im Gebäudepark Schweiz [Mt CO₂-Äquivalent/Jahr] quantifiziert. Aufgrund der fehlenden wissenschaftlichen Datengrundlage und unbekannten Lebensdauern wurde für Produkte aus Aufschlussprozessen konservativerweise kein Speicherpotential berechnet, da deren Lebens- und Nutzungsdauer grundsätzlich tiefer als im Holzbau ist.

Holzbedarf zur Substitution des derzeitigen Konsums

Der Holzbedarf zur Deckung des Materialkonsums wurde über die Ausbeute berechnet, die in der Literatur vermerkt ist.

Wo die CO₂-Vermeidung durch Substitution anzurechnen ist, ist nicht Bestandteil der vorliegenden Recherche.

Die benötigte Erntemenge für die Bereitstellung der nötigen Holzmenge zur Deckung des Bedarfs nach einem Gut wurde berechnet mit:

$$\text{Erntemenge} = \frac{\text{Holzbedarf}}{(\text{Laubholzanteil} * \text{Ausbeute} + \text{Nadelholzanteil} * \text{Ausbeute})}$$

Laut dem in (Stadelmann et al., 2016) modellierten Wald-Bewirtschaftungsszenario Basisszenario „konstanter Vorrat“ kann der Schweizer Wald im Jahr 2050 rund 7.7 Mio. m³ Derbholz

nachhaltig liefern. Rund 60 % der Holzernte in der Schweiz besteht 2050 aus Nadelholz, 40% aus Laubholz (Stadelmann et al., 2016).

Allokation der Holzflüsse

Im Sinne der Kreislaufwirtschaft und um eine kaskadische Nutzung zu erlauben, wurden verfügbare Holzmen gen folgendermassen als Primärintput für die betrachteten Cases konzeptio niert:

Stammholz

Stammholz wurde in jedem Szenario dem Einsatz im Bauwesen zugeordnet, um die Kreislauf führung und Kaskadennutzung zu erlauben.

Restholz und nicht sägefähige Sortimente

Es wurde angenommen, dass 2050 aus Nadel- sowie Laub-Restholz aus den Sägewerken die selbe Menge energetisch im Holzverarbeitenden Betrieb genutzt wird, wie derzeit (0.49 Mio. m³/Jahr, nach Holzenergiestatistik 2021 des Bundesamts für Energie BFE (BFE, 2022)). Es wurde angenommen, dass keine Steigerung der energetisch verwerteten Holzmen gen nötig ist, wenn die stoffliche Nutzung der Primärressource aufgrund von neuen Verwertungsmöglichkeiten be trieblich interessanter wird und eine effiziente Wärmenutzung ermöglicht.

Diejenigen Restholzmen gen, welche nicht energetisch verwertet werden, sowie nicht sägefä hige Sortimente aus dem Wald, welche derzeit hauptsächlich als Industrieholz und Energieholz verwendet werden, wurden abhängig vom betrachteten Nutzungsszenario zur Plattenproduk tion allokiert (Ausbeute: 100%) oder als Rohstoff für die Produktion von Textilien, Kunststoffen und chemischen Grundstoffen konzipiert.

Ausbeute

Holzbau-Werkstoffe

Für die Produktion von Bauholz aus Nadelholz gilt, dass von der Nadelholzernte rund 80% als Stammholz genutzt werden können (Krackler et al., 2010). Bei Laubholz entspricht diese Aus beute aufgrund der Form von Laubholz etwa 45% der Ernte (Krackler et al., 2010).

Im Sägewerk wird das Stammholz eingeschnitten, wobei laut Eidgenössischer Holzverarbei tungserhebung 2021 in beiden Holzarten rund 40% des Einschnitts als Restholz anfallen (Bundesamt für Statistik, 2022).

Entsprechend wird angenommen, dass die Bauholz-Ausbeute bei Nadelholz $0.6 \cdot 0.8 \cdot 0.6 \cdot \text{Erntemenge} = 0.288 \cdot \text{Erntemenge}$ entspricht (vgl. Abbildung 3).

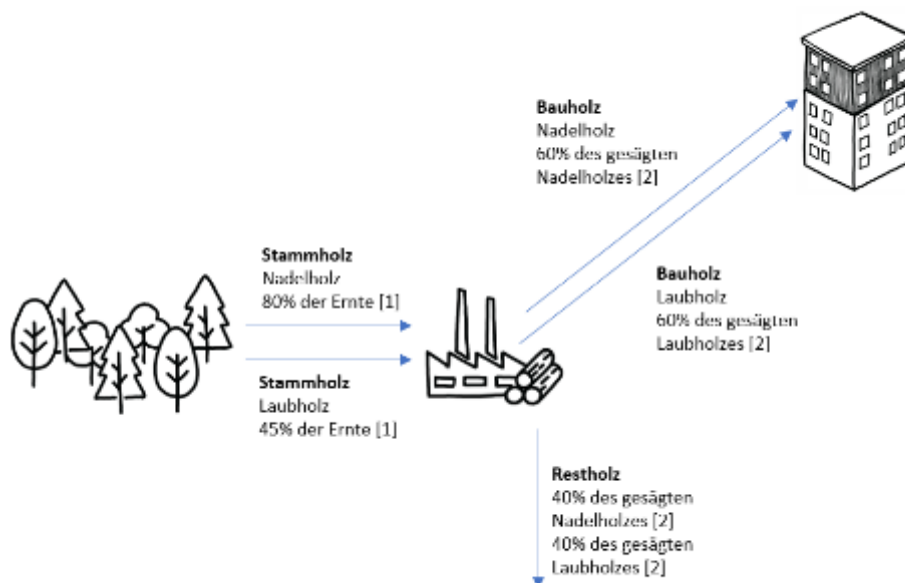


Abbildung 3 Herleitung der Ausbeute für Bauholz. [1]: Daten aus Krackler et al., 2010, [2]: Daten aus Bundesamt für Statistik, 2022.

Die Bauholz-Ausbeute bei Laubholz entspricht $0.4 \cdot 0.45 \cdot 0.6 \cdot \text{Erntemenge} = 0.108 \cdot \text{Erntemenge}$. Im Jahr 2020 betrug der Schnittholzertrag in der Schweiz 1'168 m³, wovon 50-60% in den Bau flossen (Holzindustrie Schweiz HIS, 2023). Im Jahr 2020 wurden – Importe mit eingerechnet – rund 1.4 Mio. m³ Bauholz in der Schweiz verbaut (Winterberg et al., 2022).

Sekundärflüsse

Derzeit verlassen 0.74 Mio. m³ Holz (53% der jährlich verbauten Holzmenge inkl. Dämmstoffe (Flühmann et al., 2018)) den Schweizer Materialkreislauf als Abfälle aus der Bauwirtschaft. Sie werden hauptsächlich energetisch verwertet (Gauch et al., 2016) wobei 69% der Holzbauabfälle als nicht-problematische Bauabfälle gelten, welche stofflich verwertet werden könnten (Suter, 2016). Dennoch wurden 2020 keine signifikanten Holzmengen im Bau wiederverwendet. Sekundärflussmengen für die holz- und kreislaufbasierte Bauwirtschaft 2050 wurden folgendermassen berechnet:

$$\text{Sekundärfluss Bauwirtschaft} = 0.53 \cdot (\text{Primärholzflüsse im Bau}) \cdot 0.69$$

Textilien, Kunststoffe und chemische Grundstoffe

Da Aufschlussprodukte wie Textilien, Kunststoffe und chemische Grundstoffe auf Basis von Hackschnitzeln produziert werden, ist nur die Ausbeute relevant.

Zur Vereinfachung wurde angenommen, dass für die Produktion von Kunststoffen, chemischen Grundstoffen und Textilien nicht dasselbe Material, sondern nur Primärrohstoffe verwendet werden können.

Die Ausbeute wird nach (Lehner, 2018) mit 40% für die Textilienproduktion und mit 50% für die Produktion von chemischen Grundstoffen und Kunststoffen angenommen.

Substitutionsfaktoren

Mit jedem Kubikmeter Holz, welcher anstelle anderer Materialien verwendet wird, können Treibhausgasemissionen vermieden werden.

Diese sogenannten Substitutionsfaktoren wurden für jeden betrachteten Case der Literatur entnommen.

- Im Holzbau gilt ein durchschnittlicher Substitutionsfaktor von $0.7 \text{ t CO}_2/\text{m}^3$ (BAFU, 2007) Holzeinsatz.
- Sekundärflüsse im Holzbau: Laut (Suter, 2016) entspricht der Substitutionseffekt bei der Verwendung von Altholz im Bau $0.51 \text{ t CO}_2/\text{t}$ Sekundärholz. Mit der durchschnittlichen Dichte von $0.5 \text{ t}/\text{m}^3$ beträgt der Substitutionsfaktor für Altholz $0.255 \text{ t CO}_2/\text{m}^3$ Altholz.
- Bei Aufschlussprodukten wurde nach (Suter, 2016) der Substitutionsfaktor von $0.3 \text{ t CO}_2/\text{m}^3$ Holzeinsatz im Endprodukt angenommen. Dieser Substitutionsfaktor wurde in (Suter, 2016) für die Substitution von Polyethylen errechnet. Für Polypropylen wurde sogar ein Substitutionsfaktor von $0.61 \text{ t CO}_2/\text{m}^3$ Holzeinsatz im Endprodukt errechnet. Jedoch erschien es dem Projektteam als angemessen, angesichts der dünnen Datenlage im Bereich Ökobilanzen für holzbasierte Textilien, Kunststoffe und Chemikalien, einen konservativen Ansatz mit tieferem Substitutionsfaktor zu wählen. Die Berechnung der Emissionsvermeidung erfolgt durch die Multiplikation der effektiven Holzmenge im Endprodukt (Produzierte Menge/Ausbeute)
- Aufgrund der dünnen Datengrundlage wurde die Wiederverwendung und Kaskadennutzung von Aufschlussprodukten als Emissions-neutral betrachtet.

Substitution der gesamten Bautätigkeit mit Holz

Der Substitutionsfaktor („Wie viel CO_2 wird vermieden, wenn 1 m^3 Holz anstelle von nicht-Holzprodukten eingesetzt wird?“) für Bauprodukte wird nach (BAFU, 2007) als $0.7 \text{ t CO}_2/\text{m}^3$ Holzprodukt angenommen.

Aktuell macht der Holzbau auf Materialmengen bezogen im Bauwesen rund 10% des gesamten Materialkonsums aus (Heeren & Hellweg, 2018). Dabei wurden 2020 rund 1.4 Mio. m^3 Holz in

der Schweiz in Gebäuden verbaut (Tragwerk, Türen, Fenster, Infrastrukturbauten, etc.) (Winterberg et al., 2022). Wird der Innenausbau ebenfalls berücksichtigt, so werden weitere 1 Mio. m³ Holz verbraucht.

Um den Holzbedarf zur Deckung von 100 % der Bautätigkeit abzuschätzen, wurde also der Holzverbrauch für Gebäude exkl. Innenausbau von 10 % auf 100 % hochgerechnet.

Substitution des gesamten Textilien-, Kunststoff- und Chemikalienkonsums mit Holz

Um den Holzbedarf zur Substitution des gesamten Konsums von Textilien, Kunststoffen und chemischen Grundstoffen zu berechnen, wurde die jährlich konsumierte Menge des jeweiligen Materials aus (Empa, 2019) entnommen.

Die Ausbeute für die jeweilige Materialgruppe wurde der Literatur und Gesprächen mit Fachleuten entnommen.

CO₂-Speicherung

Die CO₂-Speicherung wurde nur für Primärressourcen berechnet, welche erwartungsgemäss Lebensdauern über 300 Jahre aufweisen. So kann ein Träger, welcher bereits 100 Jahre in einem Gebäude genutzt wurde, zweimal wiederverwendet werden und in Folge im Sinne der Kaskadennutzung zu einer Spanplatte verarbeitet werden.

Die Sekundärflüsse wurden nicht in der CO₂-Speicherung beziffert, da die Speicherung durch die weitere stoffliche Nutzung gewährleistet ist.

Entwurf der kreislaufbasierten Holzwirtschaft Schweiz 2050: Szenarienentwicklung

Um eine Abschätzung der Umwelteffekte verschiedener Primär-Holzfluss-Allokationen zu erreichen, wurden drei Gesamtsystem-Szenarien betrachtet, in denen die Derbholzernte maximal stofflich verwertet wird und den Bereichen Bauwesen, Textilien-, Kunststoff- und Chemikalienproduktion zugeordnet wird. Es wurden drei Szenarien erarbeitet und die daraus resultierenden CO₂-Vermeidung und CO₂-Speicherung verglichen. Die Szenarien unterscheiden sich in der Allokation der Holzflüsse von niedriger Qualität (nicht sägefähige Sortimente und Restholz). Die Restholzmengen wurden zur Vereinfachung für die Allokation für die Textilienproduktion und Kunststoffproduktion gleich angenommen. Da chemische Grundstoffe aufgrund ihrer Anwendung oftmals verbraucht werden – also nicht recyclebar sind, oder aufgrund ihrer Toxizität verbrannt werden (Empa, 2019), wurden für die Konzeption der Primärholzmengen in die Produktion von chemischen Grundstoffen die doppelte Holzmenge als für Kunststoffe und Textilien angenommen.

Da es nicht realistisch erscheint, dass Textilien, Kunststoffe und chemische Grundstoffe aus Altholz produziert werden können, wurde in den Berechnungen nur Holz ab Ernte für die Produktion dieser Güter angenommen.

Die drei betrachteten Szenarien unterscheiden sich folgendermassen untereinander:

- **Szenario Holzbau:** nicht sägefähige Sortimente und Restholz werden zu Platten verarbeitet und der Bauwirtschaft zurückgeführt
- **Szenario Aufschlussprodukte:** nicht sägefähige Sortimente und Restholz werden zur Produktion von Aufschlussprodukten, also Textilien, Kunststoffen und chemischen Grundstoffen verwertet
- **Szenario Mix:** die Holzmenge wird anhand der jeweiligen Substitutionsfaktoren die im Verhältnis 7:3 auf den Holzbau bzw. die Produktion von Aufschlussprodukten verteilt. Das Verhältnis 7:3 wurde anhand der Substitutionsfaktoren gewählt.

Für die angestrebte Abschätzung wurden in einer Excel Tabelle die relevanten Daten aufgenommen (Erntemenge, Ausbeuten und Substitutionsfaktoren) sowie die Primär- und Sekundär-Holzflüsse, welche abhängig vom gewählten Szenario variiert werden können.

Als konstant wurde die Erntemenge angenommen, sowie die Allokation von als Bauholz nutzbarem Holz ab Wald und die Allokation eines Anteils der Ernte (13%, Rinde und Reisig in Anlehnung an (BAFU, 2007), wo dieser Anteil zusätzlich zum genutzten Derbholz zur energetischen Verwertung modelliert wird. Damit verbleiben mit den natürlichen Abgängen etwa 20% eines Baumes im Wald (BAFU, 2007).

Folgende Annahmen wurden getroffen:

- Die energetische Nutzung der Primär-Holz mengen wurde mit Ausnahme der energetischen Verwertung in holzverarbeitenden Betrieben ausgeschlossen, da im Sinne der Kreislaufwirtschaft die energetische Verwertung von Rohstoffen nach mehrfacher Nutzung erfolgen sollte (Suter, 2016).
- Bauabfälle aus Holz, welche aus Abriss oder Renovation entstehen, werden wiederverwendet oder zum nächstmöglichen Bauprodukt in der Kaskade verarbeitet
- Es wird derselbe Anteil an Holz aus dem Bau entsorgt, wovon 69% als «unproblematische Holzabfälle» stofflich wieder in den Materialkreislauf zurückgeführt werden können (Suter, 2016).

Optimierung der Szenarien durch Workshops

Workshops mit Fachfremden und Fachleuten

Um den fortlaufenden Austausch zwischen Fachleuten und Fachfremden sowie den Wissenstransfer zu gewährleisten, bestehende Denkblockaden durch die Betrachtung des Gesamtsystems aus dem Weg zu räumen und die Meinungen und Zukunfts-Wünsche der Zielgruppen aufgreifen zu können, wurden sechs explorative Workshops durchgeführt. Die Resultate aus den Workshops wurden zur Erweiterung der Vision Netto Null 2050 als qualitative Aspekte genutzt und stellen keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Die Informationen und Einladungen zu den kostenlosen Workshops wurden per E-Mail, Newsletter und Soziale Medien verbreitet.

In strukturierten Workshops, die auf Fachleute wie Fachfremde ausgelegt wurden, wurde der Entwurf der holz- und kreislaufbasierten Schweiz 2050 evaluiert und in einer zweiten Aufgabenstellung untersucht, wie die erarbeiteten vorzunehmenden Umstrukturierungen der Materialnutzung der Schweiz in der Gesellschaft ermöglicht werden können.

Ziel der Workshops war, das Szenario, in dem die grösste CO₂-Vermeidung und -Speicherung errechnet wurde, weiterzuentwickeln und iterativ weitere Möglichkeiten zur CO₂-Reduktion zu erarbeiten.

Dazu wurde ein Framework entwickelt, welches eine zweistufige Untersuchung der Situation erlaubt.

Framework der Workshops

Zielgruppe der Workshops waren Fachleute und Fachfremde. Dementsprechend wurde die Struktur der Workshops mit Nora Strebel (Industriedesignerin und Hochbauzeichnerin), die die Leitung „Erlebnisorientierte Kommunikation“ im vorliegenden Projekt innehatte, sowie mit Lucid – Büro für Kollektive Neugierde erarbeitet.

In Workshops, welche ausschliesslich an Fachleute gerichtet waren, wurde der Bezug auf die eigene Unternehmung hergestellt, während in Workshops, an denen auch Fachfremde teilnahmen der eigene Alltag (Beruf und privat) in den Fokus gerückt wurde.

Strukturierung der Workshops

Die Workshops wurden folgendermassen strukturiert:

1. Begrüssung, Vorstellungsrunde (Bezug zu Holz, Beruf, Interessen)
2. Fand der Workshop online statt, wurde eine Einleitung zu den Basics für die Miro-Board-Handhabung gegeben
3. Fachliche Einleitung zu Holzinnovationen, Substitutionsmöglichkeiten und Kreislaufwirtschaft
4. Aufgabe 1: Evaluation der vorgeschlagenen Vision der holz- und kreislaufbasierten Schweiz 2050
5. Aufgabe 2: Erarbeiten der nötigen Massnahmen zur Umsetzung der Vision der holz- und kreislaufbasierten Schweiz 2050

Die Workshop Aufgaben wurden folgendermassen aufgebaut und in einer ästhetisch ansprechenden Darstellung präsentiert (vgl. Abbildung 4):

Aufgabe 1:

Für die Bereiche Bauwesen, Textilien, Kunststoffe, chemische Grundstoffe, Wald, weitere Themen wird per Post-It kommentiert:

- Ergeben diese Berechnungen für die Sinn?
- Welches sind die kritischen Faktoren in dieser Vision?
- Was sind die Chancen in dieser Vision?
- Welche Risiken bestehen, wenn diese Vision umgesetzt wird?
- An welche Bedingungen ist die Realisierung der Vision geknüpft?

Aufgabe 2:

- Erarbeiten Sie Ihren Masterplan (Konzept/Geschäftsmodell) zur Umstrukturierung der Materialproduktion in der Schweiz
- Neues darf nur aus Holz produziert werden, Materialien aus dem Materiallager Schweiz können wiederverwendet oder recycled werden
- Gehen Sie möglichst auf alle Sektoren / Branchen ein
- Bereiten Sie ein Plädoyer für die Schweizer Bevölkerung vor

Leitfragen

- Wie stellen Sie für ihre Bevölkerung sicher, dass die Emissionen gesenkt werden und die Bedürfnisse trotzdem gedeckt werden können?
- Wie formen Sie Ihr Unternehmen um? Was sollen Unternehmen konkret tun?
- Was würden Sie machen oder möchten Sie, dass bis 2050 umgesetzt wird?
- Substitution, Suffizienz und Kreislaufwirtschaft sind möglich – wie können wir das in die Tat umsetzen?
- Welche Rahmenbedingungen müssen herrschen, damit bspw. genügend Holz zur Verfügung steht?
- Welche Zusammenarbeit braucht es zwischen den Sektoren?

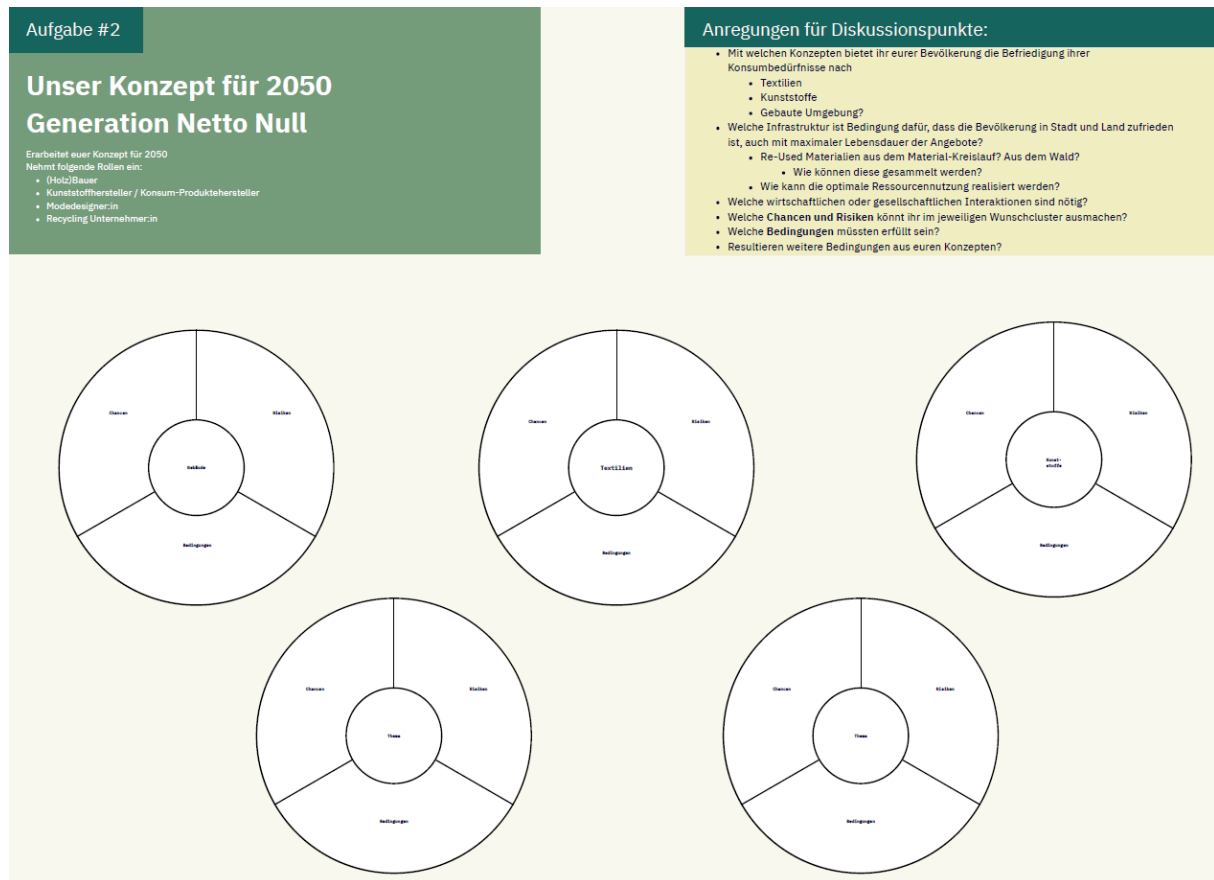


Abbildung 4 Framework für die Workshops Netto Null 2050. Das Framework wurde für Aufgabe 1 und Aufgabe 2 verwendet. An Vor-Ort-Workshops wurden die Frameworks auf A0 Poster gedruckt, an Onlineveranstaltungen über ein Miro-Board verfügbar gemacht. Bild: CLB Schweiz GmbH.

Methodisches Vorgehen zur Interpretation der Workshop Resultate

Da die Resultate aus den Workshops stark variieren können, wurden diese nach Workshop Framework und Case geordnet.

Für Aufgabe 2 wurden die Plädoyers aufgezeichnet und transkribiert, sowie die Forderungen und Massnahmen den Bereichen

- Gebaute Infrastruktur,
- Ressourcenverfügbarkeit im Kreislauf/Logistik
- Sozio-politische Rahmenbedingungen,
- Sensibilisierung und
- Individuelle Sphäre zugeordnet.

Die Workshop Resultate flossen als Inhalt und Hintergrundinformation in die Inhalte der Ausstellung Vision Netto Null 2050 ein.

Arbeitspaket 3

Kommunikation

Ausstellung Vision Netto Null

Ziel der Ausstellung war, dem Publikum eine mögliche Wirklichkeit zu zeigen, welche mit kollektiven und individuellen Anstrengungen und Entscheidungen zur Schweizer Realität werden könnte. Um den Zielgruppen (vgl. Kapitel 6) die Resultate der vorangehenden Forschungsarbeit erlebbar, fassbar und zugänglich zu präsentieren, bestand das Ziel der Darstellung darin, dass sich das Publikum mit den Inhalten der Ausstellung identifizieren kann.

Konzeptstudie

Um eine passende visuelle Umsetzung zu erzielen, wurde eine Konzeptstudie durchgeführt, die für die Case Studies zwei bis drei mögliche Inszenierungen ergibt und aus denen die für die Zielgruppe 2050 und Inhalte adäquate Inszenierung gewählt und umgesetzt.

Als adäquat wurde definiert, dass die Ausstellung maximal holzbasiert und wiederverwendbar zu sein hat, um den erarbeiteten Konzepten Genüge zu tun. Gleichzeitig soll ein Gefühl für Holz und dessen Kreislaufführung sowie das Gefühl, sich in der Zukunft zu befinden, vermittelt werden.

Materialisierung der Ausstellungsobjekte

Verschiedene Methoden zur Materialisierung der Ausstellung wurden untersucht:

1. Augmented Reality: reales, existierendes Produkt ausstellen, mit Augmented Reality Zusatzinformationen geben
 - a. Materialsparsam, bedingt wiederverwendbar, nicht rezyklierbar, Umweltauswirkungen von digitalen Medien bedingt bekannt
 - b. Grosser Aufwand: App muss entwickelt und getestet werden, für die beiden Betriebssysteme IOS und Android. Die App muss freigegeben werden für Download im App-Store.
 - c. Keine Ressourceneffizienz: Endgeräte (negative Umweltauswirkungen bekannt) müssen bereitgestellt werden
 - d. Mehrwert: spektakuläres Erlebnis mit Zukunftsflair, mehrdimensionale Kommunikation möglich
2. Existierende Holzinnovationen ausstellen (Aroma, Mikrofibrillierte Zellulose in Workshop zu Seife machen)
 - a. Erlebnisorientiert, abhängig von Leihverhältnis wiederverwendbar
 - b. Beschränkte Verfügbarkeit von Holzinnovationen zur Ausleihe, Gebäude und Materiallager können nicht in gleicher Art vorgestellt werden
 - c. Mehrwert: spektakuläres Erlebnis, mehrdimensionale Kommunikation möglich
3. Produkte schematisch auf Karton skizzieren
 - a. Abstraktion der Realität durch Comic-Feeling, wiederverwendbar, rezyklierbar, Umweltauswirkungen bekannt

- b. Grosser Aufwand: Skizzen, Ausschneiden der Ausstellungsobjekte
- c. Mehrwert: Einheitliche, inhaltsaffine Kommunikation, holzbasiert

In Hinblick auf Realisierbarkeit, konsistenter Ästhetik und die Zeitlosigkeit von Karton¹ wurde Konzept 3 weiterentwickelt.

Die in einem Moodboard gesammelten Ideen zur Materialisierung stellten den ersten Schritt dar. Die Weiterentwicklung der Ideen führte über einen „Kreislauf“ über die Grundlageninformationen zu den Projektergebnissen (vgl. Abbildung 5) zu flächigen Varianten hin zum finalen Konzept der Präsentation der Inhalte der Vision Netto Null 2050 (vgl. Abbildung 6).

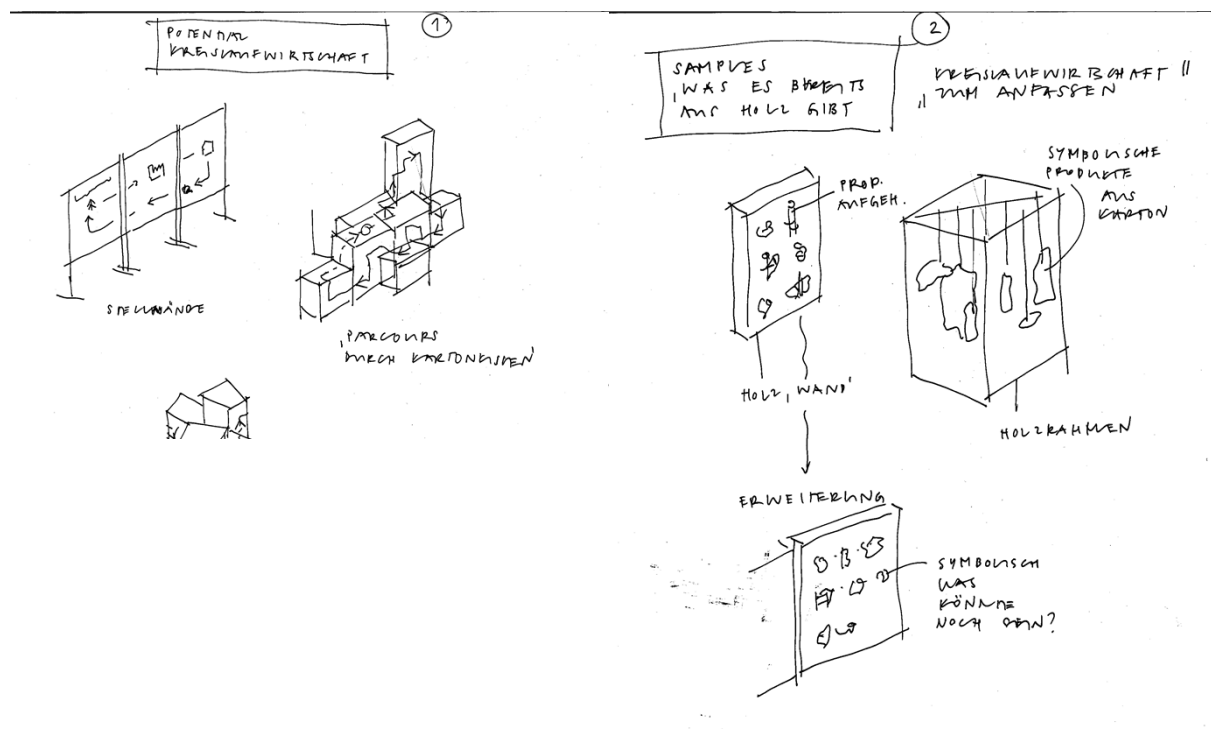


Abbildung 5 Konzeptstudie zur optimalen Inszenierung der Ergebnisse des vorliegenden Projekts. Bild: Nora Strebel

¹ Karton als Verpackungsmaterial boomt im Zeitalter des Online-Shoppings.

Es wurden Panels zum Druck auf Wellpappe von 10 mm Dicke gestaltet, welche an der Decke über Haken aufgehängt werden können und stabil genug sind, um Transporte unbeschadet zu überstehen.

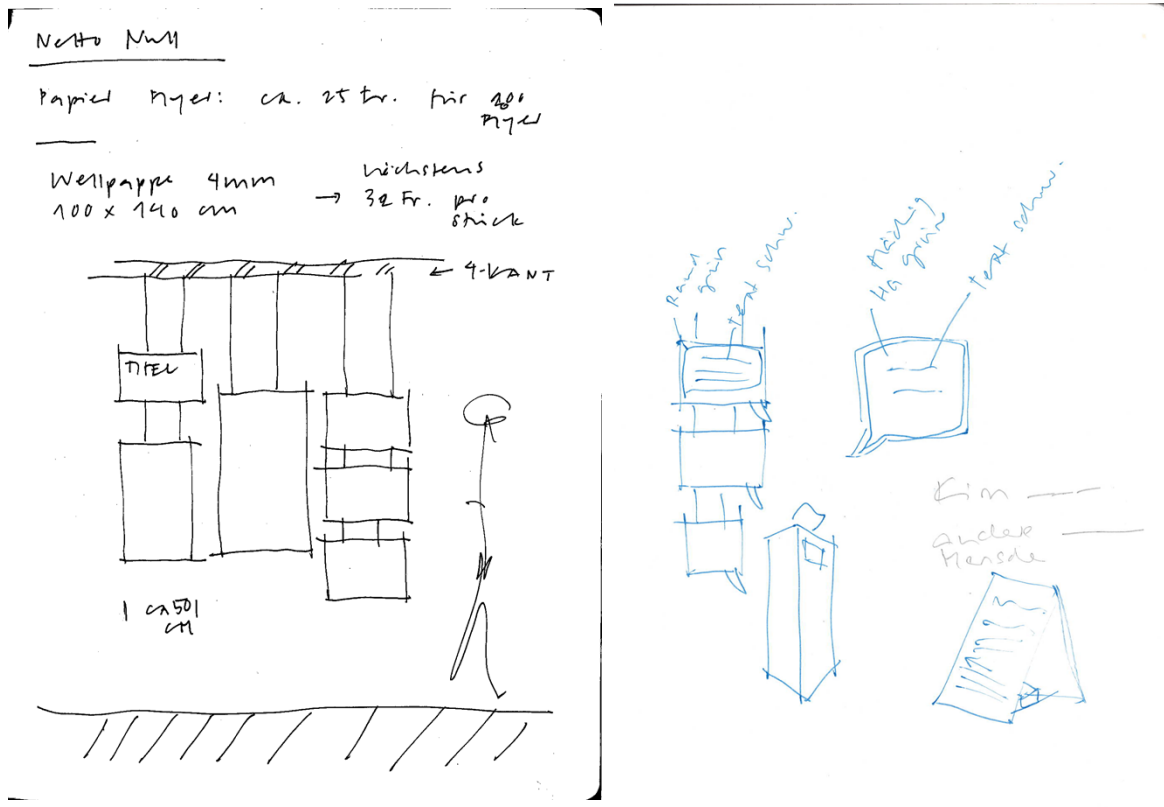


Abbildung 6 Skizze der Inszenierung der Forschungsergebnisse. Bild: Nora Strebel

Insgesamt wurden 2.4 kg bedruckter Wellpappe bestellt. Der Verschnitt wurde zum Recycling in die Kartonsammlung gegeben oder als Hilfsstoff zur Stabilisierung der Ausstellungsobjekte genutzt.

Inszenierung der Vision Netto Null 2050

Um positive Gefühle gegenüber der holz- und kreislaufbasierten Schweiz 2050 vermitteln zu können, war es essenziell, dass das Publikum sich fühlt, als befände es sich im Jahr 2050 und dass es sich mit den Inhalten identifizieren kann.

Um dies zu bewirken haben wurden zwei grundlegende Elemente realisiert:

- Zeitreise ins Jahr 2050
- Kommunikation aus der Perspektive unserer Zielgruppe als Persona der holz- und kreislaufbasierten Schweiz im Jahr 2050

Zeitreise ins Jahr 2050

Der Weg in den Ausstellungsraum wurde phänomenologisch so erfahrbar gemacht, dass das Publikum ein performatives Erlebnis erfährt und sich so automatisch in die Zukunft «katapultiert» fühlt. Das bedeutet, dass über den Geruch-, Tast-, Hör- und Sehsinn Impulse gesendet wurden, die den Besuchenden Folgendes vermitteln: „Sobald Du den Gang betrittst, befindest du Dich in einer Zeitmaschine, sobald Du den Gang auf der anderen Seite verlässt, befindest Du Dich im Jahr 2050.“

Dazu wurde eine Lichtinstallation mit simplem Aufbau realisiert (vgl. Abbildung 7): Der Gang wurde abgedunkelt und auf der linken Seite wurden im Abstand von jeweils circa zehn Zentimetern Dachlatten vertikal an den Wänden installiert. Auf Augenhöhe wurden horizontal die Jahreszahlen von 2023 bis 2050 sowie ebenfalls eine Holzleiste montiert, in welcher zwei LED-Stripes eingelassen waren. So entstand eine Art Licht-Tunnel. Die LED-Stripes wurden so programmiert, dass das Licht sich nach vorne Richtung Ausstellungseingang bewegt. Die Jahreszahlen wurden so in chronologischer Abfolge beleuchtet. So geht das Publikum durch diesen Tunnel auf den Eingang der eigentlichen Ausstellung zu und schreitet mit jedem Schritt symbolisch circa 7 Jahre in die Zukunft. Sobald es die Ausstellung betritt, ist es im Jahr 2050 angelangt.

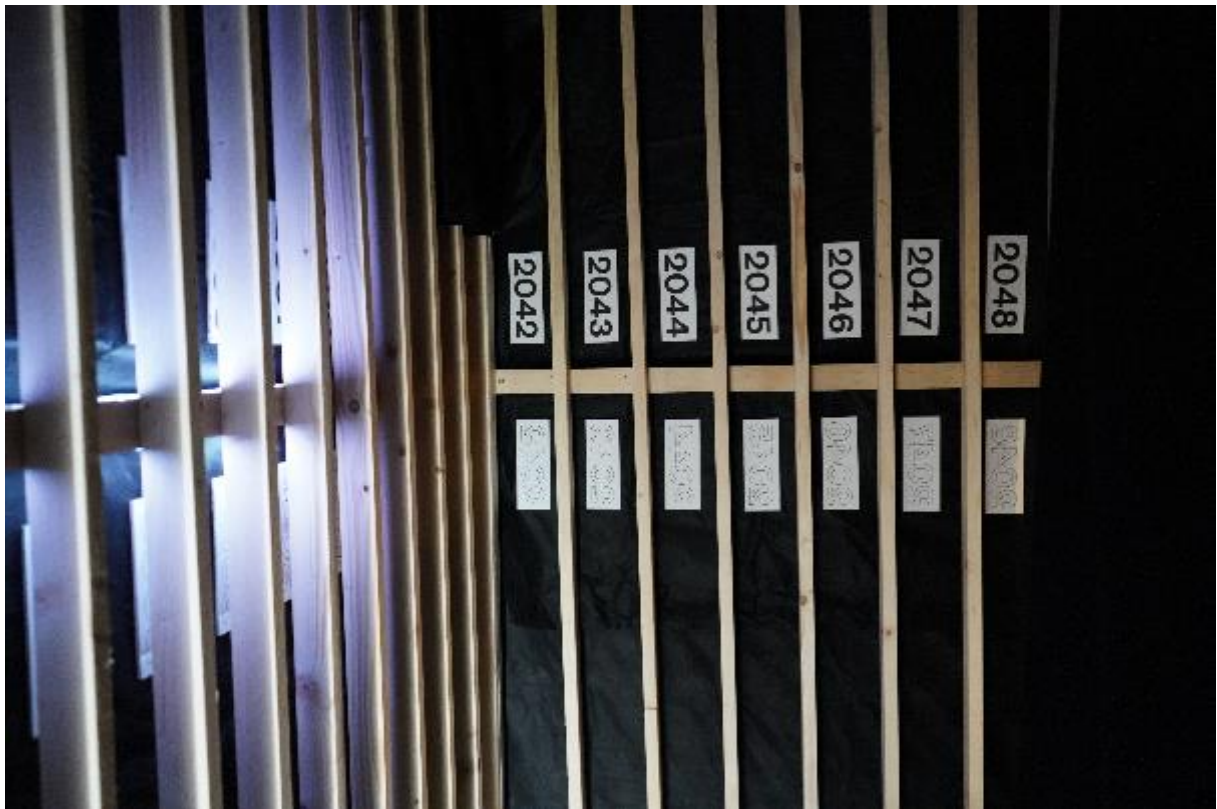


Abbildung 7 Der Eingangsbereich zur Ausstellung Vision Netto Null wird zur Zeitmaschine. Bild: CLB Schweiz GmbH

Für die Installation wurde Holz verwendet, weil es einfach auf- sowie wieder abgebaut werden kann und so für zukünftige Projekte wiederverwendet werden kann. Zudem deutet der Holzduft in der Luft auf die Ausstellung hin.

Zur Abdunklung wurden schwarze Moltons ausgeliehen, die von einem Theater wiederverwendet werden.

Um die ganze Installation musikalisch zu untermalen, wurde ein Zeitmaschinesoundeffekt im Loop abgespielt.

Kommunikation aus der Perspektive unserer Zielgruppen als Persona der holz- und kreislaufbasierten Schweiz im Jahr 2050

Um die Identifikation des Publikums mit der Vision Netto Null zu fördern, wurde entschieden, Aussagen fiktiver Persönlichkeiten aus der Zukunft zu zitieren, welche unserer Zielgruppe (vgl. Kapitel 6) entsprechen.

Um diese Zitate einzuleiten, soll den Gästen, sobald sie die Ausstellung betreten, Kim begegnen. Kim ist eine Person aus der Zukunft, die in die Ausstellung einleitet und die Besuchenden durch die Ausstellung führt.

Die fiktive Figur Kim ist im Immobilieninvestment tätig und hat sich schon im Jahr 2023 mit Nachhaltigkeit und Holz befasst.

Diese Figur zeigt verschiedene Alltagsgegenstände aus ihrem Besitz, und gibt einen Einblick in ihre Arbeit (Bauwesen). Die Gegenstände zeigen die Cases Aufschlussprodukte. Die Cases Bauwesen und Infrastruktur (Materiallager, Wald) sind über ihren Berufsalltag abgedeckt.

Um keine geschlechterspezifischen Stereotypen zu bedienen, wurde ein geschlechterneutraler Name gewählt.

Definition der Kernaussagen

In internen Workshops wurde definiert, welche Kernaussagen in der Ausstellung Vision Netto Null vermittelt werden sollten. Die Wünsche und Bedingungen an bzw. für die holz- und kreislaufbasierte Schweiz der Zukunft, welche die Workshops mit Fachleuten und Fachfremden hervorbrachten wurden konsolidiert und die Mehrfachnennungen und Gemeinsamkeiten zwischen den Cases als Grundlage genutzt (vgl. Abbildung 8).

Auf dieser Basis wurden Zitate von fiktiven Persönlichkeiten aus der holz- und kreislaufbasierten Schweiz der Zukunft formuliert. So können die Besuchenden der Ausstellung sich in diesen Persönlichkeiten wiedererkennen und Sympathie wie Verständnis für die Vision Netto Null entwickeln.

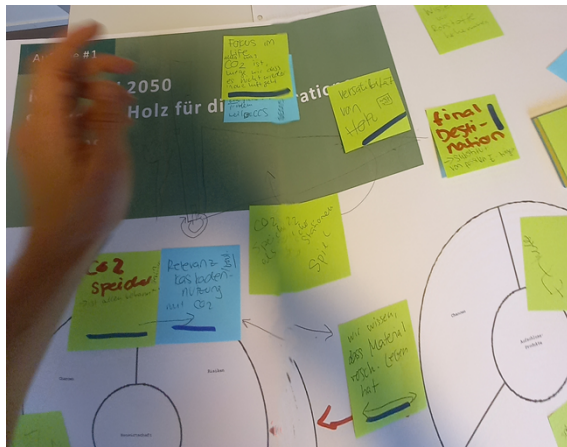


Abbildung 8 Dokumentation eines internen Workshops zur Definition der Kernaussagen für die Ausstellung Vision Netto Null.

Die Zitate enthalten die wichtigsten Aussagen über die jeweiligen Produkte, welche die Innovation bzw. die Veränderung, welche die Holzwirtschaft in der Vision Netto Null 2050 erlebt hat, erklären. Als Inhalte wurden diejenigen gewählt, welche

- die Technologie am besten beschreiben,
- die Themen Wiederverwendung, Kreislaufwirtschaft, CO₂-Emissionsvermeidung, Versatilität von Holz und Wald aufgreifen (vgl. Abbildung 8).
- in einem internen Workshop als aussagekräftigste angesehen wurden (vgl. Abbildung 9)

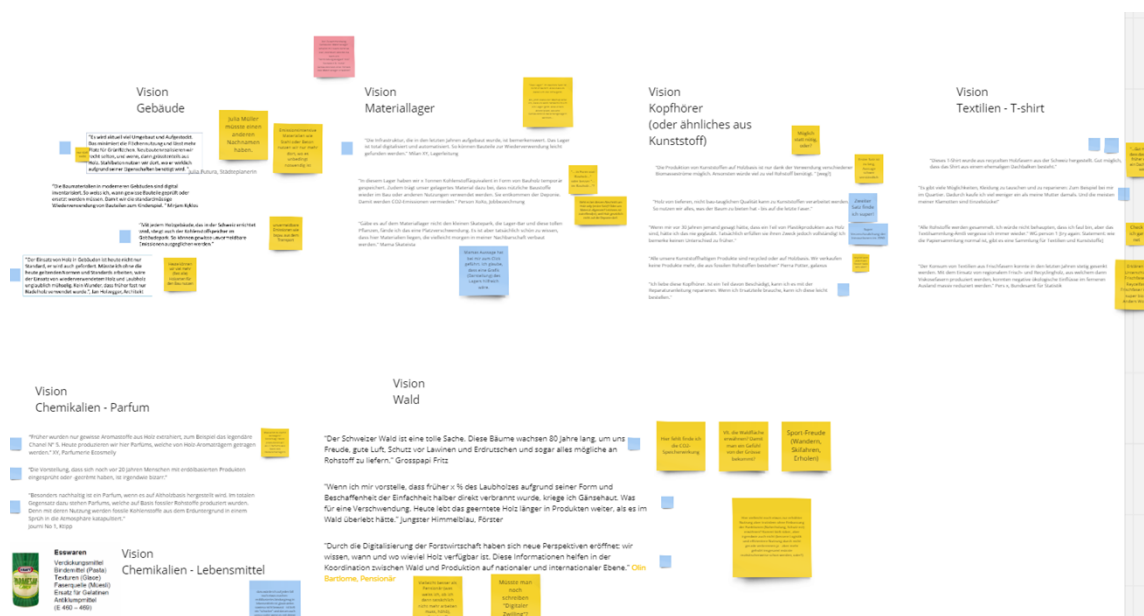


Abbildung 9 Interner Workshop zur Definition der aussagekräftigsten Statements zu Holzinnovationen, welche das Leben in der Vision Netto Null 2050 in der Schweiz materialisieren könnten.

Kampagne auf Instagram

Auf Instagram wurde in Zusammenarbeit mit der Werbeagentur Davies Meyer Schweiz eine Kampagne zum Erreichen der Zielgruppe von jungen fachfremden und an Umweltschutz interessierten Menschen realisiert.

Darauf wurden „Teasers“ zu den Projekthaltungen veröffentlicht, sowie Informationen zur Ausstellung Vision Netto Null 2050 (vgl. Abbildung 10).



Abbildung 10 Ausschnitt der Instagram Page generation.netto.null. Bild: CLB Schweiz GmbH

Factsheets

Es wurden vier Fact-Sheets erstellt, welche aufzeigen, welche Substitutionsmöglichkeiten Holzinnovationen bieten, sowie welche weiteren Emissionsvermeidungsmassnahmen in den betrachteten Bereichen nötig sind: Wiederverwendung und Recycling. Dies gilt auch für die Nutzung von konventionellen Produkten

9. Ergebnisse und Diskussion

Substitution des Schweizer Materialkonsums mit Holz

Holzbau

Holzbedarf zur Substitution des gesamten Hochbauwesens

Um den gesamten jährlichen Holzbedarf für das Bauwesen zu decken, würden jährlich 13.76 Mio. m³ Holzwerkstoffe benötigt. Würden diese Holzwerkstoffe als Primärrohstoff aus dem Wald produziert, wäre eine jährliche Erntemenge von 37.4 Mio. m³ Laub- und Nadelholz entsprechend der Anteile je Art im Wald nötig. Dies übersteigt die nachhaltig verfügbare Derbholzmenge bei weitem, da im Schweizer Wald jährlich rund 10 Mio. m³ nachwachsen. Ein Interviewpartner sowie Diskussionen in Workshops warfen die Möglichkeit von Holzplantagen in den Raum, um diesem Problem entgegenzuwirken. Jedoch widerspricht dies dem aktuellen Waldgesetz und die ökologischen Auswirkungen und Risiken, welche Holzplantagen bergen, müssten minimiert und breit abgestimmt und mit Fachleuten, Verbänden und der Gesellschaft untersucht und diskutiert werden.

Holzbedarf zur Substitution des gesamten Textilkonsums

Textilien aus Holz werden aus Zellulose (Nebenprodukt der Papierindustrie) mit einer Ausbeute von etwa 40% produziert (Grünenfeld, 2021).

Um den gesamten Holzbedarf für die Textilienproduktion für den Schweizer Konsum zu decken, würde 1.3 Mio. m³ Holz benötigt. Damit würden mindestens 0.4 t CO₂-Äqu. vermieden.

Grundsätzlich ist auch der Textilienkonsum der Schweiz zu hinterfragen. 50% der in der Schweiz konsumierten Kleidungsstücke werden maximal zweimal getragen (Wiprächtiger et al., 2022). Werden diese nicht produziert (Suffizienzmassnahmen), kann etwa 1 Mt CO₂-Äqu. vermieden werden (Abschätzung aus (Wiprächtiger et al., 2022)).

Chemische Grundstoffe und Kunststoffe

Abhängig vom gewählten Prozess und der Holzart, sind in Bioproduktwerken künftig Ausbeuten von durchschnittlich 50% des Inputmaterials für die Produktion von Plattformchemikalien, welche auch zu Kunststoffen weiterverarbeitet werden können, möglich (Lehner, 2018). Abhängig vom Prozess kann ein breites Spektrum an Produkten produziert werden (Lehner, 2018) (vgl. Abbildung 12).

Um den Konsum an Chemikalien nach (Empa, 2019) zu decken, sind 8.5 Mio. m³ Holzinput pro Jahr nötig.

Für die Deckung des Kunststoffkonsums sind 4.7 Mio. m³ pro Jahr nötig.

Laut Fachleuten liegt ein Fokus der Forschung und Entwicklung darauf, bis 2050 CO₂-neutral produzieren zu können. Wird ein Substitutionsfaktor von 0.3 t CO₂/m³ Holz im Endprodukt angenommen, so würden damit 1.28 Mt CO₂ pro Jahr in der Produktion von chemischen Grundstoffen und 1.4 Mt CO₂ pro Jahr in der Produktion von Kunststoffen vermieden.

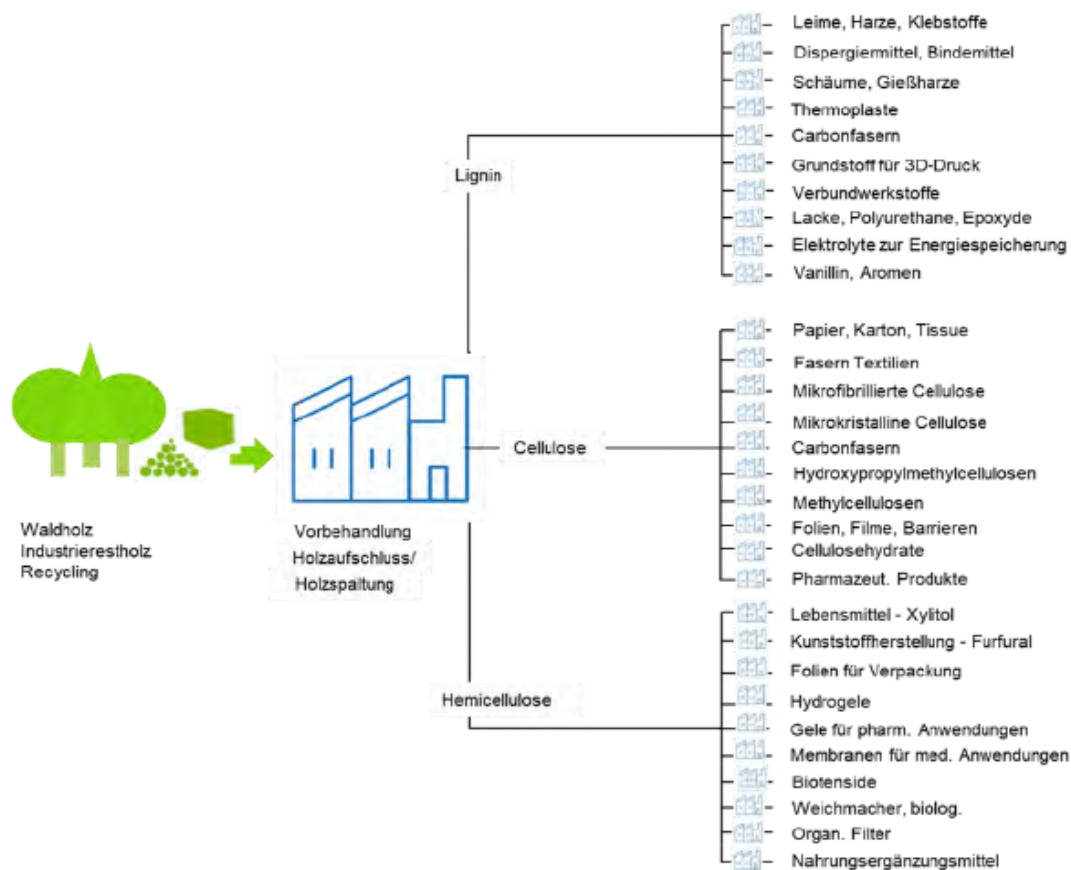


Abbildung 11 Beispiel eines Bioproduktwerks, in dem Holz durch Aufschlussprozesse in seine Bestandteile Lignin, Zellulose und Hemizellulose aufgespalten wird, woraus eine breite Produktpalette entsteht. Bild: Lehner, 2018, S.10.

Szenarien für die kreislauf- und holzbasierte Schweiz 2050

Tabelle 1 illustriert die Holzmenngen und Umweltauswirkungen für den Einsatz von Holz in drei betrachteten Szenarien. Die Szenarien unterscheiden sich in der Allokation von Restholz und Holzsortimenten von niedriger Qualität auf die Bereiche Plattenproduktion für die Bauwirtschaft und Einsatz für die Produktion von Aufschlussprodukten wie Textilien, Kunststoffen und chemischen Grundstoffen.

Die Ernte von 7.7 Mio. m³ Derbholz kann 2.65 Mio. m³ Bauholz aus Stammholz direkt ab Wald liefern. Tabelle 1 liest sich anhand des Beispiels Szenario Holzbau folgendermassen: Werden aus nicht sägefähigen Sortimenten und dem Restholz aus Sägereien, welches nicht energetisch verwertet wird (siehe Kapitel Restholz und nicht sägefähige Sortimente unter 8. Arbeitspaket 2) Platten hergestellt, so können im Szenario Holzbau zusätzlich 3.55 Mio. m³ Holzwerkstoffe für das Bauwesen produziert werden. Technologien zur Produktion von strukturellen Platten aus Holz von tiefer Qualität bestehen schon derzeit (z.B. Scrimber, tragende Holzplatten aus gequetschten, langen und verleimten Holzsperriseln). Aus Rückbauten können rund 2.3 Mio. m³ Holz pro Jahr wiederverwendet oder -verwertet werden.

Werden auch Sekundärflüsse aus Rückbauten mit in die Betrachtung gezogen, so können theoretisch maximal 8.5 Mio. m³ Holz jährlich im Bauwesen eingesetzt werden.

Da aus dem Restholz keine Aufschlussprodukte wie Textilien, Kunststoffe oder chemische Grundstoffe produziert werden, steht 1 Mio. m³ Holz zur Verfügung, um diese Produkte zu produzieren. Es fallen jährlich 0.28 Mio. m³ an Reststoffen an, welche energetisch verwertet werden können.

Für die Schweizer Wald- und Holzwirtschaft würde die Realisierung einer holzbasierten Kreislaufwirtschaft bedingen, dass die Koordination zwischen verarbeitenden Betrieben und Abnehmern der entstehenden Nebenprodukte gestärkt würde, sodass die Versorgungssicherheit gewährleistet ist.

Tabelle 1 Zusammenstellung der Holzflüsse und totale CO₂-Vermeidung je Szenario aus den zur Veranschaulichung der Effekte der Holzfluss-Allokation in verschiedene Sektoren erarbeiteten Szenarien Holzbau, Aufschlussprodukte und Mix.

Szenario:			Szenario Holzbau 2050	Szenario Aufschlussprodukte 2050	Szenario Mix 2050
Wirtschaftsbereich	Holzfluss				
			Mio. m ³ /Jahr	Mio. m ³ /Jahr	Mio. m ³ /Jahr
Holzwirtschaft	Input	Aus Schweizer Wald nach (Stadelmann et al., 2016), Basisszenario	7.7	7.7	7.7
	Output	An Bauwirtschaft (Laub- und Nadelholz)	6.7	6.7	6.7
		Aufschlussprozesse	1.0	1.0	1.0
Sägewerke	Input	An Energiewirtschaft	0	0	
	Output	Aus Schweizer Wald	6.7	6.7	6.7
Bauwirtschaft	Input	Bauholz an Bauwirtschaft	2.65	2.65	2.65
		Restholz an stoffliche Nutzung	1.7	1.7	1.7
	Output	Restholz an Energiewirtschaft	0.49	0.49	0.49
Aufschlussprozesse	Input	Stammholz/Konstruktionsholz	2.65	2.65	2.65
		Platten aus Restholz und nicht sägefähigen Sortimenten	3.55	0	2.49
	Output	Wiederverwendete/-verwertete Bauabfälle (unproblematisches Altholz)	2.3	0.98	1.9
	Input	Unproblematische Bauabfälle an Bauwirtschaft	2.3	0.98	1.9
		Problematische Bauabfälle an Energiewirtschaft	1.0	0.23	0.86
	Output	Rinde/Äste/nicht sägefähige Sortimente und Restholz aus Holzwirtschaft	1.0	4.56	2.07
	Input	Textilien	0.11	0.34	0.155
		Chemische Grundstoffe	0.47	1.4	0.646
	Output	Kunststoffe	0.14	0.42	0.194
		Reststoffe an Energiewirtschaft	0.28	2.4	1.075

In Tabelle 2 werden die möglichen Produktionsmengen der betrachteten Cases relativ zu den in der Schweiz konsumierten Mengen zusammengefasst.

Es wird ersichtlich, dass ein signifikanter Teil der derzeit verwendeten Holzwerkstoffe im Bau theoretisch durch Konstruktionsholz und Platten ersetzt werden könnte.

Auch die Verwertung von Restholz und nicht sägefähigen Sortimenten zu Textilien und Kunststoffen kann abhängig vom Szenario Anteile zwischen 21 – 64.5% des derzeitigen Textilienkonsums bzw. 6 – 18% des derzeitigen Kunststoffkonsums decken.

Die Produktion von chemischen Grundstoffen auf Holzbasis hingegen, deckt in den vorliegenden Betrachtungen 2.7 – 8% des aktuellen Konsums.

Entsprechend sollte in Folgestudien untersucht werden, ob die Produktion von chemischen Grundstoffen in Hinblick auf die zu substituierenden Mengen und dazu nötigen Holzmengen aus ökologischer Sicht vorteilhaft ist. Dabei sollte auch untersucht werden, welche Alternativen und Ergänzungen zu Holz-Feedstocks zur Verfügung stehen.

Tabelle 2 Am Konsum 2018 anteilmässige theoretisch mögliche Substitution innerhalb der verschiedenen betrachteten Szenarien.

Einsatzbereich	Szenario	Durch Holz substituierbarer Anteil an 2018 konsumierten Materialmengen nach (Empa, 2019) [%]
Holzeinsatz in Gebäuden 2050 inkl. Platten und Sekundärflüsse als Anteil am Holzeinsatz in Gebäuden inkl. Treppen etc.	Szenario Holzbau	61.8
	Szenario Aufschlussprodukte	26
	Szenario Mix	51
Holzeinsatz in Gebäuden 2050 inkl. Platten, excl. Sekundärflüsse als Anteil am Holzeinsatz in Gebäuden inkl. Treppen etc.	Szenario Holzbau	45
	Szenario Aufschlussprodukte	19
	Szenario Mix	37
Anteil produzierter Textilien an heutigem Konsum nach (Empa, 2019)	Szenario Holzbau	21
	Szenario Aufschlussprodukte	64.5
	Szenario Mix	29
Anteil produzierter Kunststoffe aus Holz an heutigem Konsum nach (Empa, 2019)	Szenario Holzbau	6
	Szenario Aufschlussprodukte	18
	Szenario Mix	8.3
Anteil produzierter Chemikalien aus Holz an heutigem Konsum Bedarf nach (Empa, 2019)	Szenario Holzbau	2.7
	Szenario Aufschlussprodukte	8
	Szenario Mix	3.8

Tabelle 3 fasst zusammen, welche CO₂-Vermeidung und Speicherung welchen Holzflüssen zuzuordnen sind. Es wird ersichtlich, dass die stoffliche Verwertung von Reststoffen und nicht sägefähigen Sortimenten von tieferer Qualität zur CO₂-Vermeidung beitragen.

Im Jahr 2020 flossen rund 1.4 Mio. m³ Holz aus Schweizer Wäldern sowie aus Importen in die Bauwirtschaft (Winterberg et al., 2022) sowie vernachlässigbare Mengen in Aufschlussprozesse. Verglichen mit 2020 entsprechen die in Tabelle 1 aufgeführten Szenarien also zusätzlichen Holzmengen von 7.1 Mio. m³ für das Szenario Holzbau, 2.4 Mio. m³ im Szenario Aufschlussprodukte und 5.64 Mio. m³ im Szenario Mix.

So können 2050 im Bau abhängig vom Szenario 1 bis 3 Mt CO₂-Äqu. pro Jahr vermieden werden² und zusätzlich zum aktuellen IST-Zustand 1.2 bis 4.4 t CO₂/Jahr im Gebäudepark eingespeichert werden.

Es wird ersichtlich, dass die Produktion von Aufschlussprodukten bezogen auf THG-Emissionen einen kleineren Einfluss hat als die Produktion von Baustoffen, was auf den Substitutionsfaktor zurückzuführen ist.

Der Holzbau bietet entsprechend den grössten Hebel, um CO₂-Emissionen zu Vermeiden und CO₂ in Form von Kohlenstoff langfristig zu speichern.

² Mit dem Substitutionsfaktor 0.7 tCO₂/ m³ für Primärressourcen (BAFU, 2007) und 0.255 tCO₂/ m³ Sekundärressourcen (Suter, 2016).

Tabelle 3 Auflistung der Holzmengen und CO₂-Vermeidung relativ zur Holznutzung im Jahr 2020 je Sektor so wie Speicherung durch den Einsatz von Holz im Bauwesen für die drei Szenarien Holzbau, Aufschlussprodukte und Mix.

Sektor	Input	Anwendung	Jährlich eingesetzte Holzmenge 2020	Szenario	Jährlich zusätzlich eingesetzte Holzmenge 2050	Jährliche zusätzliche CO ₂ -Vermeidung 2050	Jährliche zusätzliche CO ₂ -Speicherung im Gebäudepark 2050
			Mio. m ³ /Jahr		Mio. m ³ /Jahr	Mt CO ₂ /Jahr	Mt CO ₂ /Jahr
Bauwesen	Primärressource	Bauholz für Tragwerke	1.4	Szenario Holzbau	1.25	0.9	1.15
				Szenario Aufschlussprodukte	1.25	0.9	1.15
				Szenario Mix	1.25	0.9	1.15
		Platten aus nicht sägefähigem Holz	0	Szenario Holzbau	3.55	2.5	3.2
				Szenario Aufschlussprodukte	0	0	0
				Szenario Mix	2.49	1.7	2.2
	Sekundärfluss	Unproblematische Holzabfälle	0	Szenario Holzbau	2.3	0.6	0
				Szenario Aufschlussprodukte	0.98	0.25	0
				Szenario Mix	1.9	0.48	0
Aufschlussprodukte	Primärressource	Chemikalien, Textilien, Kunststoffe	0	Szenario Holzbau	1.0	0.2	0
				Szenario Aufschlussprodukte	4.56	0.65	0
				Szenario Mix	2.07	0.3	0
	Total		1.4	Szenario Holzbau	7.1	4.2	4.4
				Szenario Aufschlussprodukte	2.43	1.8	1.2
				Szenario Mix	5.64	3.4	3.4
					Jährliche Zusätzliche Holzmenge	Jährliche zusätzliche CO ₂ -Vermeidung	Jährliche zusätzliche CO ₂ -Speicherung im Gebäudepark

Qualitative Resultate:

Voraussetzungen für die langfristige Speicherung von Kohlenstoff im Gebäudepark

Aus Gesprächen mit Fachleuten ging hervor, dass folgende Voraussetzungen für Maximierung der Lebensdauer von Bauteilen gelten:

- Rückbaukonzepte bei Bauprojekten
- Konstruktive Systemtrennung für das Ermöglichen der Wiederverwendung von Bauteilen im Fall eines Rückbaus: aktuell gehen laut Fachleuten rund 40% des Materials nach der Primärnutzung verloren
- Grosse, flächige Bauteile speichern mehr Kohlenstoff und können beim Rückbau eher wiederverwendet werden. Dies steht jedoch mit der Materialeffizienz in Konkurrenz.

Bedingungen für die Umsetzung der maximal holz- und kreislaufbasierten Bauwirtschaft

Aus Workshops gingen folgende Voraussetzungen für die Umsetzung der Vision der holz- und kreislaufbasierten Bauwirtschaft hervor:

- Aufstockungen, Umbauten und Renovierungen sind in Hinblick auf Ressourcen- und Flächeneffizienz Neubauten vorzuziehen
- Um zusätzliche Emissionen zu vermeiden, gilt es, Holz- und Nicht-Holz-Gebäude so zu planen und umzusetzen, dass das Baumaterial im Fall eines Rückbaus wieder als Baustoff verwendet werden kann. Dies bedeutet, dass für jeden Neubau Rückbaukonzepte gefordert werden sollten
- Die Inventarisierung von Baustoffen ermöglicht eine effiziente Wiederverwendung von Bauteilen
- Um die Kreislaufrführung von Holzbaustoffen zu ermöglichen, sollte das Baumaterial konstruktiv geschützt und nicht mit Pestiziden behandelt werden
- Angepasste Baunormen erlauben den Einsatz von recycliertem Holz
- Der Holzbau ist die Standardbauweise, mindestens für öffentliche Bauten

Folgende weiteren Massnahmen wurden als zielführende Beiträge zur Ressourceneffizienz genannt:

- Fachleute wie Fachfremde wären bereit, eine Flächenreduktion pro Person durch gemeinschaftliche Wohnprojekte zur Steigerung der Flächeneffizienz und Reduktion der Primärmaterialnutzung in Kauf zu nehmen
- Zudem wurde erwähnt, dass der Leerbestand (beispielsweise durch neue Sharing-Konzepte) massiv reduziert werden könnte
- Gut gedämmte Tiny Houses und kleinere Wohnflächen (Suffizienz, 20 m²/Pers.)

- kein Leerbestand (Ferienwohnungen) und trotzdem Möglichkeit zum Rückzug in eigene Räumlichkeiten
- Komfortanforderungen im Wohnraum werden reduziert: reduzierte Schallschutzanforderungen oder Schwingung von Decken zulassen
- Sensibilisierung könnte zu einem Wertewandel führen, womit eine Veränderung von Bedürfnissen und Ansprüchen resultieren könnte: die Wiederverwendung von Baumaterialien sowie die Reparierbarkeit können durch unverkleidete Innenräume und Anwendung von rohen Materialien realisiert werden. Ein Wertewandel könnte beinhalten, dass dies gesellschaftlich als ästhetisch und nötig anerkannt wird.

Risiken für die holz- und kreislaufbasierte Holzwirtschaft

Als Risiken wurden folgende Punkte in Workshops genannt:

- Entwicklungen brauchen Zeit
- Holz braucht Fläche
- Holz ist knapp

Bedingungen für die Umsetzung der maximal holz- und kreislaufbasierten Textilien-, Kunststoff- und Chemikalienproduktion

Zur Etablierung der holzbasierten Kreislaufwirtschaft Schweiz, wurden in Workshops des Weiteren folgende mögliche Ziele vorgeschlagen:

- Neue Recyclingsysteme, welche in Privathaushalten und der Industrie greifen und über Plastikflaschen, Elektronik und Textilien hinaus gehen (Farbe, weitere Kunststoffe)
- Anreize für weniger „Single-Use“ Produkte schaffen
- Recyclebare, reparierbare, modulare und reinigbare Produkte und Rücknehmbarkeit-Quoten für Neuproduktion aus Recycling/Rückgenommenen Produkten
- Begrenzung der Anzahl Kunststoffe, um geeignete Recyclingstrategien besser umsetzen zu können
- Farbstoffe stark regulieren
- Besitz nur noch von emotionalen Gütern, nicht-emotionale Güter wie Velopumpe, Rasenmäher, Fahrzeuge etc. werden als Miet-/Sharing-Produkt zur Verfügung gestellt
- Kommunale Sharing-Konzepte innerhalb Nachbarschaft für Textilien/Haushaltsgeräte
- Nachbarschaftliche Reparaturwerkstätte, Upcycling zu neuen individuellen Designs – Downcycling zu Lumpen etc.

Dass der Bedarf nach Textilien, Kunststoffen und chemischen Grundstoffen mit der Produktion von holzbasierten Materialien in der Schweiz gedeckt wird, erscheint unrealistisch. Fachleute äusserten in Workshops einerseits die Relevanz von Aufschlussprodukten als Verwer-

tungsmöglichkeit von Restholz, andererseits auch Bedenken darüber, ob die Schweiz als Produktionsland oder doch eher als Forschungs- und Entwicklungsstandort dienen sollte.

Um die hier theoretisch für die Verwertung als Rohstoff für Aufschlussprodukte vorgeschlagenen Holzmengen (siehe Kapitel Szenarien für die kreislauf- und holzbasierte Schweiz 2050) verarbeiten zu können, ist der Aufbau von Verarbeitungskapazitäten sowie die Koordination zwischen Rohstoff und Verarbeitungsstätte nötig.

Für Fachfremde schien die Möglichkeit, Alltagsprodukte wie Textilien, Kunststoffe und insbesondere Chemikalien, die für die Körperpflege verwendet werden, mit holzbasierten Alternativen zu ersetzen, eine interessante Möglichkeit.

Da in vorliegendem Projekt auch Emissionen im Ausland betrachtet werden, ist ebenfalls denkbar, im Sinne eines Wertewandels Richtung Präferenz von nachwachsenden Rohstoffen und Bioökonomie, Güter aus nachwachsenden Rohstoffen bei Industriellen und privaten Kaufentscheidungen präferenzuell zu behandeln. Dazu wäre weitere Sensibilisierungsarbeit, Anreize und Bewusstseinsbildung nötig.

Kreislaufwirtschaft für Textilien

Um eine holz- und kreislaufbasierte Textilienproduktion in der Schweiz umzusetzen, wäre es nötig, Reststoffe aus der Papierindustrie zu verwerten oder neue Anlagen zu bauen. Dies würde eine massive Kapazitätensteigerung für die Zellstoffproduktion in der Schweiz mit sich bringen, oder eröffnet Möglichkeiten für Kooperationen ins nahe Ausland.

Die Kreislaufführung von Textilien ist in der Schweiz auf dem Weg der Etablierung. Die Wiederverwendung von Bekleidungs-Textilien wird von der Firma Rework. kommerzialisiert, indem alte Kleidungsstücke der Mode entsprechend zu neuen Stücken genäht werden. Unternehmen wie Yarn-to-Yarn und Worn Again Technologies sind derzeit dabei, in der Schweiz Pilotprojekte zum chemischen Recycling von Textilien zu realisieren, was zur Reduktion des Primärressourcenverbrauchs für Textilien beitragen kann.

Kreislaufwirtschaft für Kunststoffe

Schon heute können Kunststoffe laut Fachleuten sofern sie sortenrein im Produkt eingesetzt wurden, recycled werden.

Dies gilt sowohl für holz- wie auch für fossilbasierte Kunststoffe.

Die Wiederverwendung von Kunststoffen könnte gewährleistet werden, wenn ein gewisser Reinheitsgrad und die Reparierbarkeit bzw. das Auswechseln von Teilen eines Produkts gefordert würden. Aus den Workshops geht hervor, dass die Teilnehmenden befürworten würden, wenn neue Recyclinganlagen und -systeme etabliert würden, in welchen Kunststoffe gesammelt und zur Rückführung in den Materialkreislauf aufbereitet werden. Derzeit ist ein neues nationales Sammel- und Wiederverwertungssystem vom Verband Swiss Recycling im Aufbau (SRF4 News, 2022).

Kreislaufwirtschaft für Chemikalien

Das Projektteam konnte kein Beispiel für die Wiederverwendung von Chemikalien identifizieren. Aus Gesprächen mit Fachleuten geht hervor, dass das Recycling teilweise möglich ist, indem chemische Abfälle (Öle, Emulsionen, Lösungsmittel, Farben) für die Produktion von Gas zur Substitution von fossilen gasförmigen Primärenergieträgern verarbeitet wird, wie die Unternehmung TreaTech zeigt.

Diskussion

Mit vorliegendem Projekt wurden die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten von Holzinnovationen zur CO₂-Emissions-Vermeidung analysiert und bewertet.

Die breitgefächerten Zielgruppen wurden gemäss dem Projektziel erfolgreich vernetzt und ihnen wurden Möglichkeiten nähergebracht, die nötigen branchenübergreifenden Massnahmen anzugehen.

Keiner der hier betrachteten Lösungsvorschläge kann allein zum Erreichen der Klimaziele führen. Dieses Projekt zeigt, dass die Nutzung von nachwachsenden Primärressourcen nur unter Voraussetzung der Ressourceneffizienz ermöglicht wird. Die Kreislaufführung von allen betrachteten Materialien ist dringend weiter zu untersuchen.

Der Vergleich der Substitutionswirkung für verschiedene Anwendungsbereiche zeigt, dass der Holzbau den grössten Hebel in der CO₂-Vermeidung und -Speicherung aufweist. Würde der Grossteil der nachhaltig verfügbaren Derbholzmenge 2050 stofflich genutzt und hauptsächlich im Bau eingesetzt, können nach dem entwickelten Szenario «Holzbau» 4.2 Mt CO₂-Äquivalent, also 13.5% der durch den Schweizer Materialkonsum verursachten Emissionen (31 Mt CO₂-Äquivalent, (Empa, 2019)) durch Substitution vermieden werden.

Die Resultate zu den Aufschlussprodukten liefern folgende wichtige Einsichten und Diskussionsgrundlagen.

Exkurs: Materialeffizienz vs. CO₂-Speicherung

Je mehr Holz in einem Gebäude verbaut wird, umso mehr Kohlenstoff wird gespeichert. Trotzdem ist dieser Effekt mit Vorsicht zu geniessen, und aufgrund des mit der Bevölkerung wachsenden Bedarfs nach gebauter Umgebung auf Materialeffizienz zu setzen.

Factsheets

Auf Basis der in AP 1 erarbeiteten Inhalte wurden vier Factsheets zu den Substitutionsmöglichkeiten mit Holzinnovationen produziert (vgl. Abbildung 12).

Emissionen von Stahl und Beton senken  - Verbrauch Stahl 2018: 2.3 Mt/Jahr* - Verbrauch Beton 2018: 45 Mt/Jahr* - Emissionen 2018: 7.9 Mt CO₂-Äqu./Jahr* Substitution mit Holz Ressourcenverbrauch: 37 Mm³ müssten jährlich etwa geerntet werden, um die gesamte Bautätigkeit der Schweiz mit Holz zu realisieren. Mit jedem Kubikmeter Holz, der anstelle von Stahlbeton eingebaut wird, werden etwa 0.7 t CO₂ vermieden. Gebäude aus Holz erreichen bis zu 100 m. Wiederverwendung Baumaterialien aus Rückbauten, z.B. Holz, Stahl, Beton und Glas können anstelle von neuen Materialien verwendet werden. Recycling Können Materialien nicht mehr in ihrer Ursprünglichen Form im Bau eingesetzt werden, können sie zu anderen Produkten (Platten, Möbel) weiterverarbeitet werden. *MatGH Synthesenbericht, Empa, 2019	Emissionen von Textilien senken  - Verbrauch 2018: 0.3 Mt/Jahr* - Emissionen 2018: 4.5 Mt CO₂-Äqu./Jahr* Substitution mit Holz Ressourcenverbrauch: ca. 1kg Holz für 0.4 kg holzbasierte Textilien 1.3 Mm³ würden benötigt, um den gesamten Textilien Konsum der Schweiz mit Holz zu decken. Mit jedem Kubikmeter Holz, der anstelle von synthetischen Textilfasern wie Viskose auf Erdölbasis, oder aus der wasserintensiven Baumwollproduktion zu Textilien verarbeitet wird, können schätzungsweise rund 0.3 t CO₂ vermieden werden. Wiederverwendung Textilien können grundsätzlich wiederverwendet und repariert werden. Recycling Textilien, die ihre Funktion nicht mehr erfüllen, können z.B. in Dämmungen für Gebäude eingesetzt werden. *MatGH Synthesenbericht, Empa, 2019
Emissionen von Kunststoffen senken  - Verbrauch 2018: 1.2 Mt/Jahr* - Emissionen 2018: 3.3 Mt CO₂-Äqu./Jahr* Substitution mit Holz Ressourcenverbrauch: ca. 1 kg Holz für 0.5 kg holzbasierte Kunststoffe bei optimalem Prozess** 4.7 Mm³ Holz würden benötigt, um den gesamten Konsum von Kunststoffen der Schweiz zu decken. Mit jedem Kubikmeter Holz, der anstelle von fossilen Rohstoffen zu Kunststoff verarbeitet wird, können schätzungsweise rund 0.3 Tonnen CO₂ vermieden werden. Jeder Kunststoff (wie Handyhüllen, Tastaturen) kann aus Holz (und Bioabfällen) hergestellt werden. Der Prozess ist aktuell noch vergleichbar emissionsintensiv mit konventionellen Kunststoffen. Bis 2050 sind die Prozesse jedoch optimiert. Wiederverwendung Abhängig von der Anwendung kann Kunststoff wiederverwendet werden. Recycling Insbesondere harte (holz- und fossilbasierte) Kunststoffe können zu gleichwertigen Produkten recycled werden (z.B. Shishuh). * MatGH Synthesenbericht, Empa, 2019 **Bioproduktentwicklung Schweiz, Schlussbericht_bwo management consulting GmbH, 2018	Emissionen von chemischen Grundstoffen senken  - Verbrauch 2018: 2 Mt/Jahr* - Emissionen 2018: 4.4 Mt CO₂-Äqu./Jahr* Substitution mit Holz Ressourcenverbrauch: ca. 1 kg Holz für 0.5 kg chemische Grundstoffe, bei optimalem Prozess** Um den gesamten Konsum von chemischen Grundstoffen der Schweiz mit Holz zu decken, würden 8.5 Mm³ Holz benötigt. Mit jedem Kubikmeter Holz, der anstelle von fossilen Rohstoffen in Chemikalien verarbeitet wird, können schätzungsweise rund 0.3 Tonnen CO₂ vermieden werden. Chemische Grundstoffe wie Ethylen, Methanol, Ammoniak, etc. bestehen - genau wie auch Holz - aus Kohlenstoffatomen. Diese können auch durch Holzaufschluss produziert werden. Konventionell sind sie jedoch fossilen Ursprungs (Erdöl/Erdgas). Wiederverwendung Chemische Grundstoffe können selten wiederverwendet werden. Recycling Gewisse Chemikalien können recycled werden. Jedoch werden viele aufgrund ihrer Toxizität verbrannt. * MatGH Synthesenbericht, Empa, 2019 **Bioproduktentwicklung Schweiz, Schlussbericht_bwo management consulting GmbH, 2018

Abbildung 12 Die Fact-Sheets zu den vier näher betrachteten Cases Holzbau, Textilien, Kunststoffe und chemische Grundstoffe (im Uhrzeigersinn) im Überblick.

Sie sind sich für Fachfremde und Fachleute leicht verständlich und beleuchten den derzeitigen Ressourcenverbrauch, die Substitutionsmöglichkeit sowie Ressourceneffizienzmassnahmen wie Wiederverwendung und Recycling als Grundlage für künftige berufliche und private Entscheidungen.

Die erstellten Factsheets sind auf der Website www.clblimited.com per Ablauf der Projektlaufzeit (31. Juni 2023) aufrufbar und auf Nachfrage in französischer Übersetzung verfügbar.

Ausstellung Vision Netto Null

Die Ausstellung Vision Netto Null fand vom 11.05.2023 bis 13.05.2023 im Park Platz Zürich, einer Zwischennutzung der Stadt Zürich, welche nach dem Prinzip der Wiederverwendung hauptsächlich aus Containern aus zweiter Hand besteht, statt.

PROGRAMM

11. Mai 2023 – 14 – 20 Uhr

VERNISSAGE

Offizielle Eröffnung mit Ansprache des Projektteams und Alfred

Kammerhofer, Bundesamt für Umwelt, 18 Uhr

Führung durch die Ausstellung, 18.45 Uhr

12. Mai 2023 – 14 – 21 Uhr

WORKSHOP Netto Null, 16-17.30 Uhr,

[Anmeldung hier](#)

13. Mai 2023 – 14 – 20 Uhr

FINISSAGE

Reflexion der Ausstellung und informeller

Austausch mit Expert:innen, 15.30-17 Uhr

Abbildung 13 Rahmenprogramm der Ausstellung Vision Netto Null 2050.

Neben dem Besuch der Ausstellung (Impressionen in Abbildung 14 Besuchende der Ausstellung Vision Netto Null 2050 sind ins Studium der Grundlagen (oben) und der Informationen zum Wald vertieft. Bild: CLB Schweiz GmbH Abbildung 14, Abbildung 15 und Abbildung 16) lud ein Rahmenprogramm zum verweilen (Abbildung 13), diskutieren und reflektieren ein. Die Ausstellung wurde von den Besuchenden gut aufgenommen und wurde täglich auch von Personen besucht, die zufällig vor Ort waren.

Das Projektteam war während der Öffnungszeiten anwesend und konnte sich mit Besuchenden austauschen sowie durch die Ausstellung führen.

Es wurde vom Projektteam als Eindrücklich empfunden, mit welchem Interesse die Besuchenden die Inhalte studierten und aufnahmen, Folgefragen stellten und auch ihre eigenen beruflichen Hintergründe und Erfahrungen bezüglich Ressourceneffizienz teilten. Die vorgestellte Vision fand Anklang für Personen aus verschiedenen Branchen, welche fehlende Konzepte in ih-

ren Branchen bemängelten und sich und die eigene Wertevorstellung durch die Ausstellung bestätigt sahen.

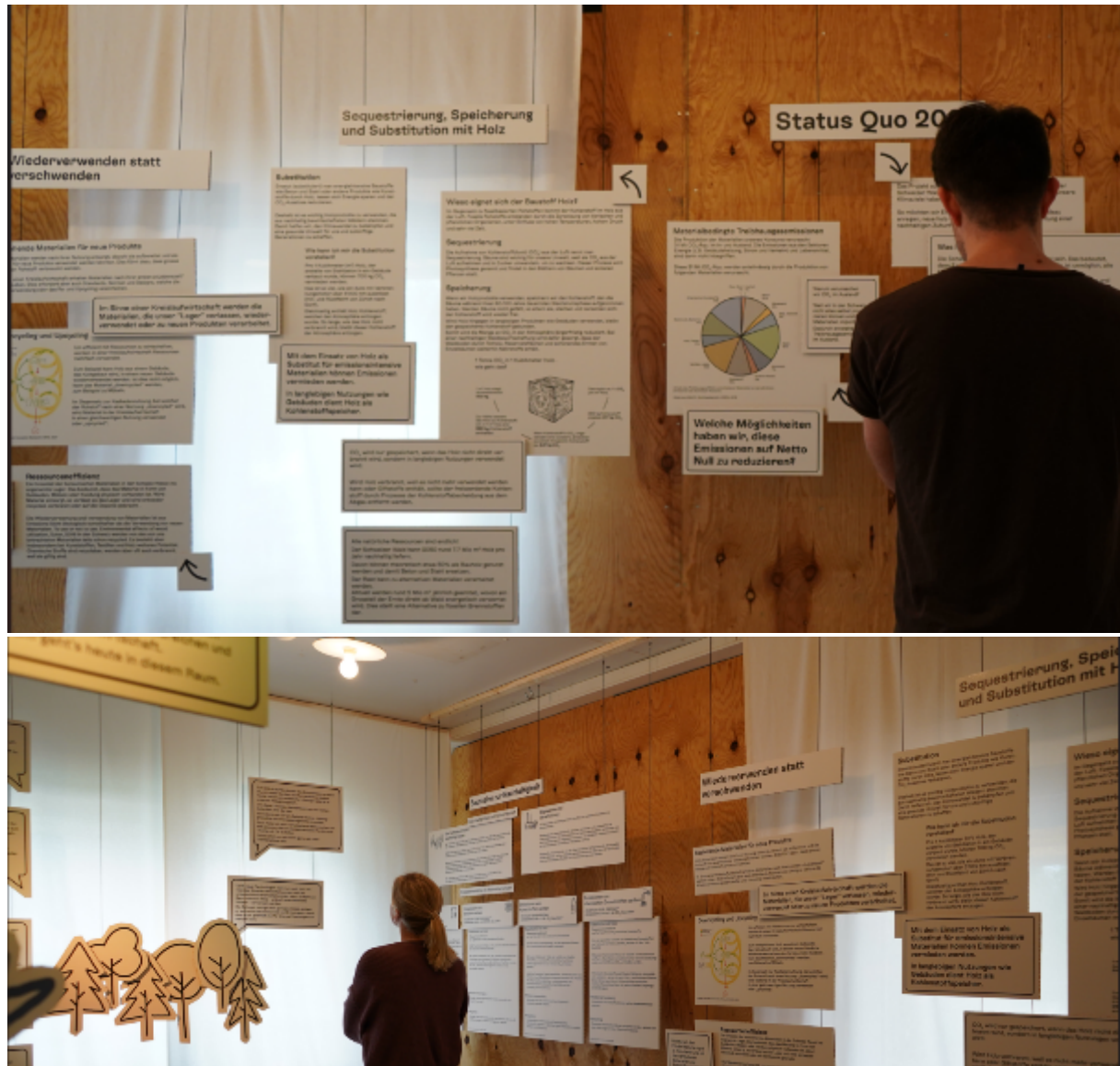


Abbildung 14 Besuchende der Ausstellung Vision Netto Null 2050 sind ins Studium der Grundlagen (oben) und der Informationen zum Wald vertieft. Bild: CLB Schweiz GmbH

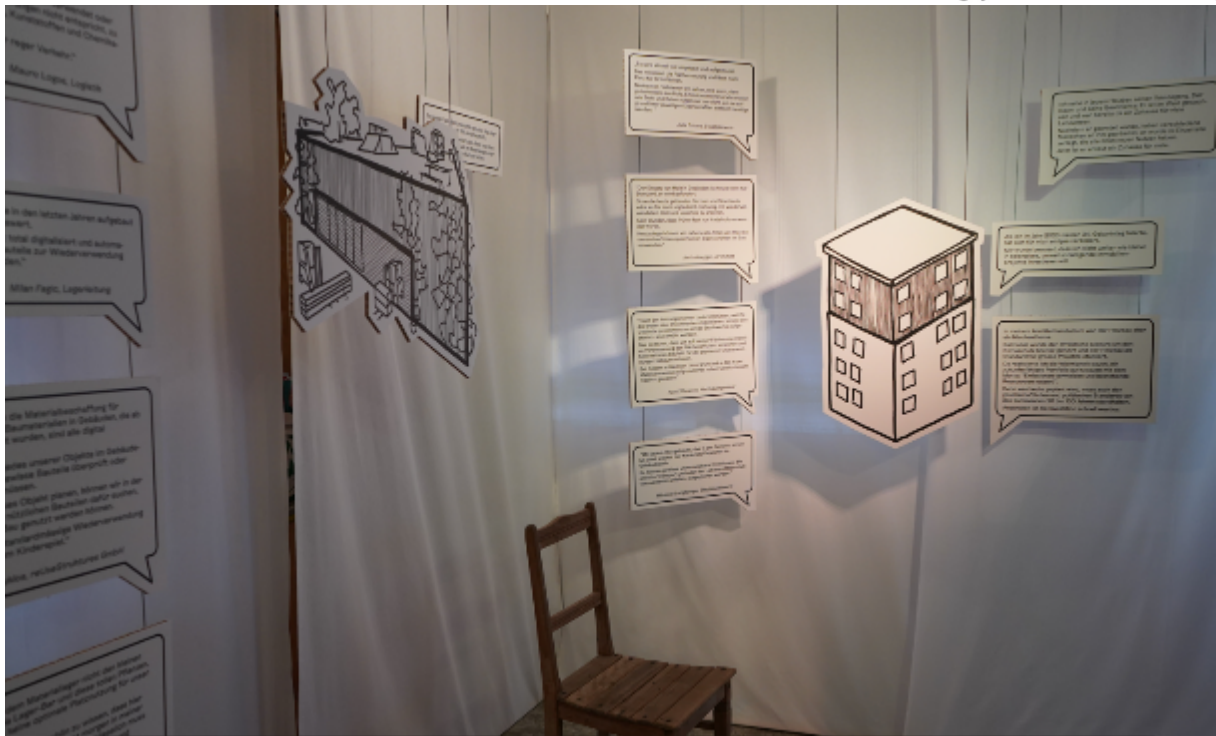


Abbildung 15 Inszenierung des aufgestockten Gebäudes (rechts) und des Materiallagers (links)

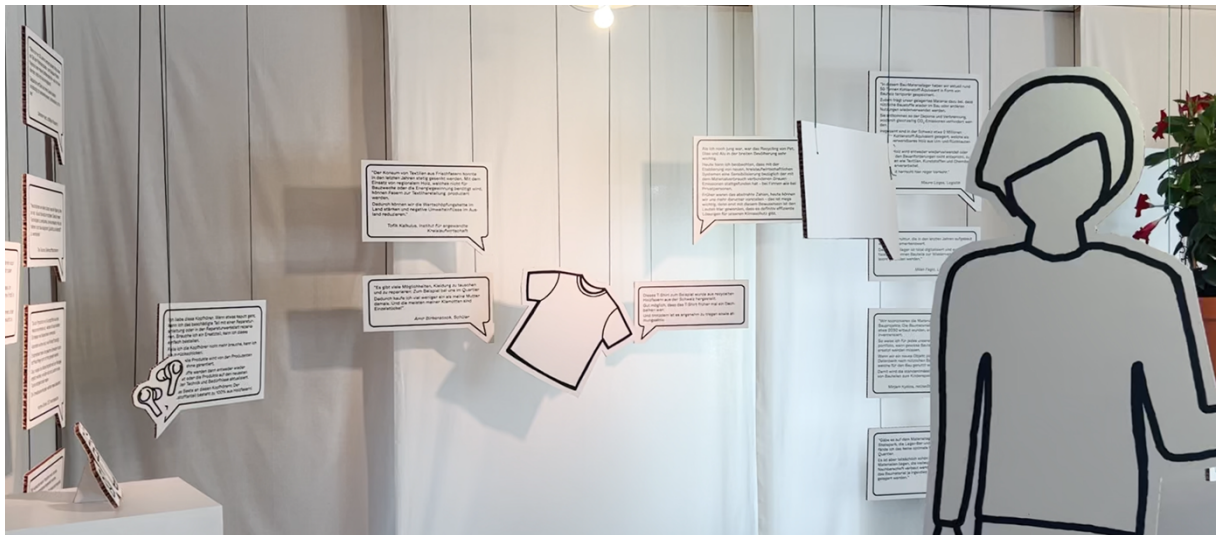


Abbildung 16 Inszenierung der Case Studies Kunststoffe (Kopfhörer, links) und Textilien (T-Shirt, mitte). Kim (rechts) begrüsst die Besuchende der Ausstellung Netto Null 2050. Bild: CLB Schweiz GmbH

Kernaussagen zur holz- und kreislaufbasierten Vision der Schweiz 2050

Die Ausstellung bestand inhaltlich aus zwei Teilen :

1. Informationen zu den betrachteten Cases
2. Grundlageninformationen

Ausgestellte Informationen zu den betrachteten Cases

Zu jedem der vier Cases wurden Aussagen gedruckt, welche das Lebensgefühl im Jahr 2050 sowie die nötigen Massnahmen für die holzbasierte Kreislaufwirtschaft Schweiz ausdrücken. Die ausgestellten Informationen sind auf Nachfrage in französischer Übersetzung verfügbar.

Holzbau

In der Ausstellung wird der Holzbau (vgl. Abbildung 17) als erstes Produkt nach dem Wald vorgestellt. Kommuniziert werden die Möglichkeiten, die der Holzbau bietet. In der Vision Netto Null 2050 wird der Holzbau in Öffentlichen Bauten gefordert, der Einsatz von Laubholz im Bau ist standardisiert und die Wiederverwendung von Bauteilen ist durch die nötigen Organisationen vereinfacht. Die Aussagen der fiktiven Persönlichkeiten zum Holzbau sind in Tabelle 4 Sammlung der kommunizierten Inhalte zum Holzbau in der Vision Netto Null 2050. gesammelt.

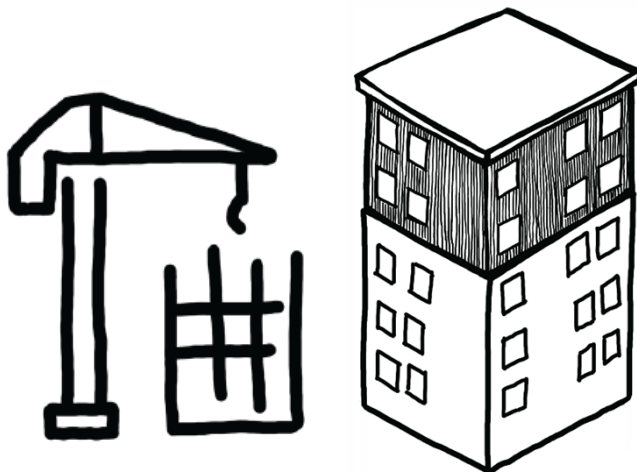


Abbildung 17 Schematische Darstellung des Holzbaus. Bild: Nora Strebel

Tabelle 4 Sammlung der kommunizierten Inhalte zum Holzbau in der Vision Netto Null 2050.

In meinem Architekturstudium war der Holzbau eher ein Nischenthema. Bald aber wurde der öffentliche Diskurs um den Klimaschutz breiter geführt und der Holzbau als Standard für grosse Projekte etabliert. Da realisierte ich die Wichtigkeit davon, ein zukunftsfähiges Portfolio aufzubauen mit dem Motto: "Emissionen vermeiden und bestehende Ressourcen nutzen". Denn was heute geplant wird, muss auch den gesellschaftlichen und politischen Standards von den kommenden 20 bis 100 Jahren standhalten. Ansonsten ist die Investition schnell wertlos.	"Der Einsatz von Holz in Gebäuden ist heute nicht nur Standard, er wird gefordert. Ohne die heute geltenden Normen und Standards wäre es für mich unglaublich mühselig, mit wiederverwendetem Holz und Laubholz zu arbeiten. Kein Wunder, dass früher fast nur Nadelholz verwendet wurde. Heutzutage können wir nahezu alle Arten von Holz basierend auf ihren spezifischen Eigenschaften im Bau verwenden." <i>Jan Holzegger, Architekt</i>
"Es wird aktuell viel umgebaut und aufgestockt. Das minimiert die Flächennutzung und lässt mehr Platz für Grünflächen. Neubauten realisieren wir selten, und wenn, dann grösstenteils aus Holz. Emissionsintensive Materialien wie Stahl und Beton nutzen wir nur dort, wo sie aufgrund ihrer jeweiligen Eigenschaften wirklich benötigt werden." <i>Julia Futura, Stadtplanerin</i>	"Mit jedem Holzgebäude, das in der Schweiz errichtet wird, wächst der Kohlenstoffspeicher im Gebäudepark. So können gewisse unvermeidbare Emissionen, die etwa im Transport und oder der Lebensmittelproduktion weiterhin anfallen, ausgeglichen werden." <i>Minerva Longtemps, Ökobilanziererin</i>
"Dank der leistungsstarken Laubholzstützen, welche die ersten drei Stockwerken stabilisieren, konnte das Gebäude problemlos um einige Stockwerke aufgestockt - also erhöht werden. Das bedeutet, dass wir auf kleiner Fläche eine massive Verbesserung der Flächeneffizienz erreichen und kein weiteres Baufeld für die geplanten Clusterwohnungen bebauen müssen. Bei diesem schlechten Untergrund wäre das in der Massivbauweise aufgrund ihres hohen Gewichts nicht möglich gewesen." <i>Ron Efficiente, Holzbauingenieur</i>	"Wir koordinieren die Materialbeschaffung für Bauprojekte. Die Baumaterialien in Gebäuden, die ab etwa 2030 erbaut wurden, sind alle digital inventarisiert. So weiss ich für jedes unserer Objekte im Gebäudeportfolio, wann gewisse Bauteile überprüft oder ersetzt werden müssen. Wenn wir ein neues Objekt planen, können wir in der Datenbank nach nützlichen Bauteilen dafür suchen, welche für den Bau genutzt werden können. Damit wird die standardmässige Wiederverwendung von Bauteilen zum Kinderspiel." <i>Mirjam Kyklos, reUseStrukturen GmbH</i>

Textilien

In der Vision Netto Null 2050 werden Textilien aus (recycleten) Holzfasern präsentiert. Zudem wird standardmässig wiederverwendet und recycelt (vgl. Tabelle 5 Sammlung der kommunizierten Inhalte zum Textilienkonsum in der Vision Netto Null 2050).

Tabelle 5 Sammlung der kommunizierten Inhalte zum Textilienkonsum in der Vision Netto Null 2050

Dieses T-Shirt zum Beispiel wurde aus recycelten Holzfasern aus der Schweiz hergestellt. Gut möglich, dass das T-Shirt früher mal ein Dachbalken war. Und trotzdem ist es angenehm zu tragen sowie atmungsaktiv.	"Es gibt viele Möglichkeiten, Kleidung zu tauschen und zu reparieren: Zum Beispiel bei uns im Quartier. Dadurch kaufe ich viel weniger ein als meine Mutter damals. Und die meisten meiner Klamotten sind Einzelstücke!" <i>Amir Birkenstook, Schüler</i>
"Der Konsum von Textilien aus Frischfasern konnte in den letzten Jahren stetig gesenkt werden. Mit dem Einsatz von regionalem Holz, welches nicht für Bauzwecke oder die Energiegewinnung benötigt wird, können Fasern zur Textilherstellung produziert werden. Dadurch können wir die Wertschöpfungskette im Land stärken und negative Umwelteinflüsse im Ausland reduzieren." <i>Tofik Kalkulus, Institut für angewandte Kreislaufwirtschaft</i>	

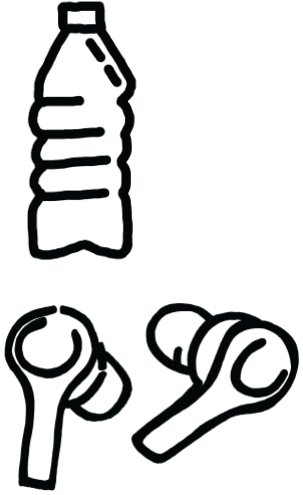
Kunststoff

Kunststoffe werden in der Vision Netto Null 2050 aus Holz oder anderen biobasierten Rohstoffen produziert. Sie stehen ihren fossil-basierten Alternativen in ihren mechanischen Eigenschaften nicht nach.

Zudem wurde ein Wertewandel vollbracht: der Vertrieb achtet sich im Einkauf darauf, keine Produkte aus fossilen Primärrohstoffen einzukaufen (vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6 Sammlung der kommunizierten Inhalte zum Kunststoffkonsum in der Vision Netto Null 2050

Ich liebe diese Kopfhörer. Wenn etwas kaputt geht, kann ich das beschädigte Teil mit einer Reparaturanleitung oder in der Reparaturwerkstatt reparieren. Brauche ich ein Ersatzteil, kann ich dieses einfach bestellen. Falls ich die Kopfhörer nicht mehr brauche, kann ich sie zurückschicken. Denn für alle Produkte wird von den Produzenten die Rücknahme garantiert. Die Rohstoffe werden dann entweder wieder verwertet oder die Produkte auf den neuesten Stand der Technik und Bedürfnisse aktualisiert. Und das Beste an diesen Kopfhörern: Der Kunststoffanteil besteht zu 100% aus Holzfasern!	"Wenn mir vor 30 Jahren jemand gesagt hätte, dass ein Teil der Plastikprodukte - zum Beispiel Plastikflaschen oder meine Kaffeemaschine - aus Holz sein könnten, hätte ich das nie geglaubt. Tatsächlich erfüllen sie ihren Zweck jedoch vollständig! Ich bemerke keinen Unterschied zu früher." <i>Demeter Kant, zufällige Passantin</i>
---	---

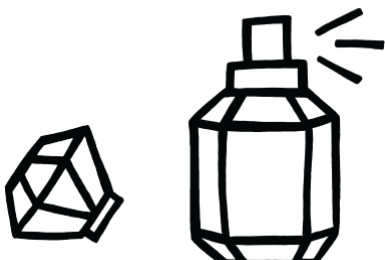
"Heute können wir alles nutzen, was der Baum zu bieten hat - bis auf die letzte Holzfaser. Dies ist neuen Technologien zu verdanken, die es erlauben, Holz von tieferer, nicht bau-tauglicher Qualität zu Kunststoff zu verarbeiten." <i>Tina Tecnola, Werkstofftechnikerin</i>	"Wir verkaufen keine Produkte mehr, die aus fossilem Primärmaterial hergestellt wurden. Alle unsere kunststoffhaltigen Produkte sind recycled oder auf Holzbasis." <i>Pierra Potter, galaxicus</i>
"Da die Produktion von Kunststoffen aus Holz ressourcenintensiv ist, werden oft auch andere Biomassen wie Nusschalen verwendet. Ansonsten würde viel zu viel Rohstoff benötigt. Entsprechend kann die gesamte Schweizer Kunststoffnachfrage nicht mit Holz gedeckt werden. Dazu müsste die Waldwirtschaft wohl um Plantagen ergänzt werden, worüber ab und zu schon runde Tische stattgefunden haben. Die Umweltauswirkungen werden heiss diskutiert." <i>Karime Olivier, CEO naturaplastics</i>	

Chemische Grundstoffe

Der Publikumsbeliebter (vgl. Kapitel Feedbacks aus dem Publikum), Produkte aus holzbasierten chemischen Grundstoffen, überraschten die Besuchenden am meisten. In der Vision Netto Null 2050 ist der Bevölkerung bewusst, dass Kosmetikartikel oftmals aus Erdöl bestehen und die Sensibilisierung brachte mit sich, dass es in der Zukunft unverständlich ist, fossile Ressourcen im Mass zu verbrauchen, wie es 2018 der Fall war (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7 Sammlung der kommunizierten Inhalte z chemischen Grundstoffen in der Vision Netto Null 2050

Die Vorstellung, dass ich mich vor 20 Jahren noch mit erdölbasierten Produkten eingesprüht oder -gecremt habe, ist irgendwie bizarr. Früher habe ich einfach nicht gewusst, dass ich sogar beim Handseife benutzen einfach mal Erdöl in den Abfluss lasse. Diese Rohstoffe lagerten Millionen von Jahren unter der Erde, um in 15 Sekunden wieder verbraucht zu werden... Tragisch.	„Verrückt, das wir früher Erdöl getrunken, gerochen und gegessen haben, ohne es zu wissen. Ich bin froh, dass neue Technologien es uns ermöglichen haben, alles aus Holz oder anderen biogenen Rohstoffen zu gewinnen.“ <i>Ercana Milovic, PH-Studentin</i>
--	---

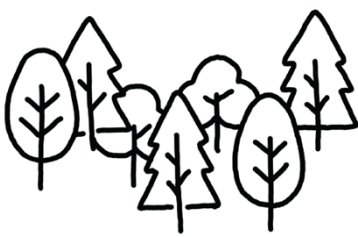
„Antioxidantien werden häufig in der Kosmetikindustrie verwendet, aber auch in Lebensmitteln wie Getränken und Fertiggerichten, um diese länger haltbar zu machen. Hauptsächlich wird dort Vitamin C eingesetzt oder Vitamin E. Beides sind natürliche Substanzen, wurden aber früher oft von der Industrie synthetisch aus Erdöl hergestellt. In unserer Drogerie vertreiben wir nur Nahrungsergänzungsmittel mit Antioxidantien auf Basis nachwachsender Rohstoffe wie Holz.“ <i>Leandra Kriesi, Drogistin</i>	Ich backe sehr gerne. Glücklicherweise gibt es immer mehr Alternativen zu Erdöl basierten Aromastoffen im Handel. So kaufe ich Vanillezucker für meine Vanillekipferl nicht mit Erdöl basierten Aromen, sondern mit Aromen auf Holzbasis. Es kommt geschmacklich an den natürlichen Vanille Geschmack der Vanillestaude ran, muss aber nicht aus der Ferne importiert werden. Der holzbasierte Vanillezucker kommt aus einem vertretbaren Umkreis.
	

Infrastruktur: Wald

Der Wald in der Vision Netto Null 2050 ist biodivers, wird nachhaltig bewirtschaftet und effizienter genutzt als in der Vergangenheit. Zudem wurde die Forstwirtschaft digitalisiert, was zu Planungssicherheit für die Waldwirtschaft und einem Überblick über die Waldgesundheit führt (vgl. Tabelle 8).

Tabelle 8 Sammlung der kommunizierten Inhalte zum Wald in der Vision Netto Null 2050

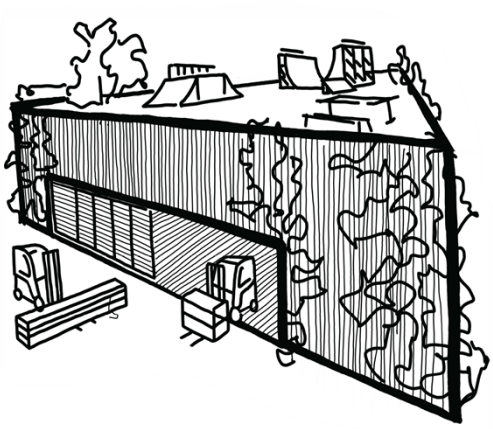
„In den letzten 20 Jahren wurde die Holzernte in der Schweiz dank neuer Märkte, die alle Qualitäten von Holz aufnehmen, um mehr als 2.5 Millionen Kubikmeter pro Jahr gesteigert. Das bedeutet auch, dass etwa 2.5 Millionen Tonnen Kohlenstoff, welche sonst durch natürliche Prozesse wie Vermodern früher oder später wieder in die Atmosphäre gelangt wären, in hauptsächlich langlebigen Produkten gespeichert werden. Dank effizienteren und schonenderen Erntemassnahmen hat die erhöhte Erntemenge im Vergleich zu 2020 keine Einbussen der Waldfunktionen zur Folge, und die Waldfläche ist seit Jahrzehnten eher gewachsen als zurückgegangen.“ <i>Ruedi Holzapfel, Forstingenieur</i>	„Wir ernten Bäume nach einer Wachstumsphase von etwa 80 Jahren. In dieser Zeit nehmen sie für ihr Wachstum das meiste CO₂ für die Photosynthese auf. Je älter sie nämlich werden, umso weniger CO₂ nehmen sie auf. Für jeden Baum der gefällt wird, wächst dank unseren sehr hohen Nachhaltigkeitsstandards im Schweizer Waldgesetz mindestens gleich viel wieder nach.“ <i>Emma Statista, Verein Wälder Schweiz</i>
--	--

Dank neuer Technologien kann nun auch Holz mit niedriger Qualität verwertet werden, weil es entsprechend verarbeitet werden kann. So kann der Baum mehrere Male – und auf verschiedenste Weisen – verwendet werden. Die Schweiz verfügt über genügend Wald, sodass er weiterhin als Schutzwald und Erholungsort dient, aber auch geerntet und für diverse Zwecke genutzt werden kann.	„Durch die Digitalisierung der Forstwirtschaft haben sich neue Perspektiven eröffnet: Wir wissen, wann und wo, wieviel Holz verfügbar ist. Diese Informationen helfen in der Koordination zwischen Wald und Produktion auf nationaler und internationaler Ebene.“ <i>Olin Bartlome, Pensionär</i>
„Der Schweizer Wald ist eine tolle Sache. Diese Bäume wachsen mehrere Jahrzehnte lang, um uns Freude, gute Luft, Schutz vor Lawinen und Erdbeben und sogar alles mögliche an Rohstoff zu liefern.“ <i>Grosspapi Andreas</i>	„Wenn ich mir vorstelle, dass früher 74 % des geernteten Laubholzes aufgrund seiner Form und Beschaffenheit der Einfachheit halber direkt verbrannt wurde, kriege ich Gänsehaut. Was für eine Verschwendung. Heute lebt das geerntete Holz länger in Produkten weiter, als es im Wald überlebt hätte und wird erst nach mehreren Produktelben verbrannt.“ <i>Jungster Himmelblau, Förster</i>
Zum Glück haben Sägewerke heute eine erhöhte Produktion verglichen mit früher, da mehr Holz geerntet wird. Deshalb fallen auch mehr Hackschnitzel als Nebenprodukte an, die zu Stoffen in Kosmetika und zu Konservierungsmitteln verarbeitet werden.	

Infrastruktur: Materiallager

Das Materiallager ist das Kernstück der Kreislaufwirtschaft in der Vision Netto Null 2050. Nicht nur Bauholz wird dort zwischengelagert, je nach Standort können auch weitere Materialien dort zur Wiederaufbereitung abgeholt werden. Dank der Mehrfachnutzung des Gebäudes, ist auch die Nachbarschaft über diese Halle im urbanen Raum erfreut. Tabelle 9 fasst zusammen, wie diese Informationen vermittelt wurden.

Tabelle 9 Sammlung der kommunizierten Inhalte zum Materiallager in der Vision Netto Null 2050

Als ich noch jung war, war das Recycling von Pet, Glas und Alu in der breiten Bevölkerung sehr wichtig. Heute kann ich beobachten, dass mit der Etablierung von neuen, kreislaufwirtschaftlichen Systemen eine Sensibilisierung bezüglich der mit dem Materialverbrauch verbundenen Grauen Emissionen stattgefunden hat – bei Firmen wie bei Privatpersonen. Früher waren das abstrakte Zahlen, heute können wir uns mehr darunter vorstellen – das ist mega wichtig, denn erst mit diesem Bewusstsein ist den Leuten klar geworden, dass es definitiv effiziente Lösungen für unseren Klimaschutz gibt.	"Gäbe es auf dem Materiallager nicht den kleinen Skatepark, die Lager-Bar und diese tollen Pflanzen, fände ich das keine optimale Platznutzung für unser Quartier. Es ist aber tatsächlich schön zu wissen, dass hier Materialien liegen, die vielleicht morgen in meiner Nachbarschaft verbaut werden. Schliesslich muss das Baumaterial ja irgendwo herkommen und gelagert werden." <i>Mama Skateista</i>
"Die Infrastruktur, die in den letzten Jahren aufgebaut wurde, ist bemerkenswert. Das Materiallager ist total digitalisiert und automatisiert. So können Bauteile zur Wiederverwendung leicht gefunden werden." <i>Milan Fagio, Lagerleitung</i> 	"In diesem Bau-Materiallager haben wir aktuell rund 50 Tonnen Kohlenstoff-Äquivalent in Form von Bauholz temporär gespeichert. Zudem trägt unser gelagertes Material dazu bei, dass nützliche Baustoffe wieder im Bau oder anderen Nutzungen wiederverwendet werden. Sie entkommen so der Deponie und Verbrennung, wodurch gleichzeitig CO₂-Emissionen verhindert werden. Insgesamt sind in der Schweiz etwa 2 Millionen Tonnen Kohlenstoff-Äquivalent gelagert, welche als wiederverwendbares Holz aus Um- und Rückbauten kommen. Dieses Holz wird entweder wiederverwendet oder wenn es den Bauanforderungen nicht entspricht, zu Produkten wie Textilien, Kunststoffen und Chemikalien weiterverarbeitet. Täglich ist herrscht hier reger Verkehr." <i>Mauro Logos, Logistik</i>

Grundlageninformationen

In den Grundlageninformationen wurde der Status Quo zum Materialverbrauch in der Schweiz und die dadurch verursachten Umwelteinflüsse im In- und Ausland informiert. Zudem wurden die Grundlagen zu Sequestrierung, Speicherung und Substitution mit Holz erklärt, die Ressourceneffizienz mit Kreislaufrführung und die Möglichkeiten zur Materialsubstitution mit Holz (vgl. Abbildung 12).

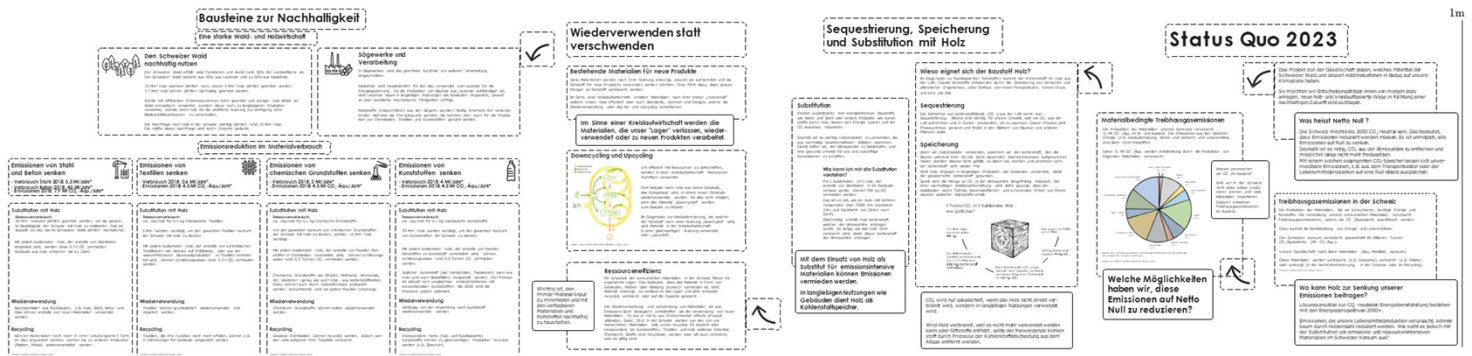


Abbildung 18 Ausgestellte Grundlageninformationen zum Beitrag von Holzinnovationen zu Netto-Null-Bestrebungen.

Feedbacks aus dem Publikum

Es besteht innerhalb und ausserhalb der Holzbranche reges Interesse am Projekt. Es wurde diskutiert, ausgetauscht und neue Bekanntschaften geknüpft.

Über einen QR-Code konnten die Besuchenden der Ausstellung ein Feedback zur Wirkungsanalyse einreichen.

- 38.9 % der Besuchenden gaben an, beruflich mit Holz in Kontakt zu sein (Wald, Bau). 28% der Besuchenden gaben an, sehr vertraut mit dem Konzept Netto Null zu sein, 61 % etwas vertraut (vgl. Abbildung 19).
- 33% der Besuchenden wussten vom Potential von Holz im Konzept Netto Null schon vor dem Besuch der Ausstellung. Entsprechend können 67 % der Besuchenden als Fachfremde bezeichnet werden (vgl. Abbildung 20).

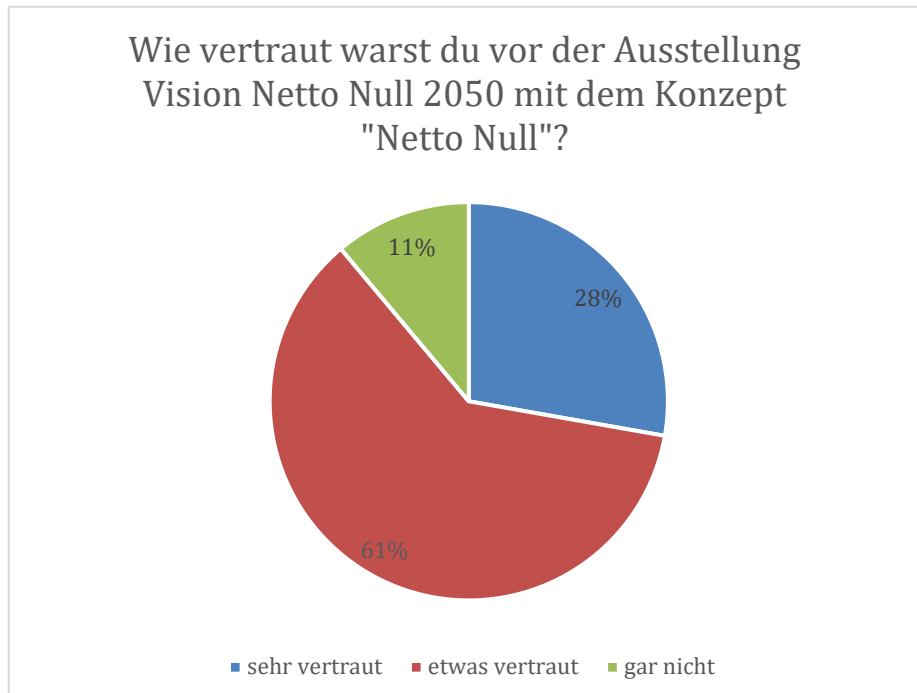


Abbildung 19 Besuchendenumfrage. Frage: Wie vertraut warst du vor der Ausstellung Vision Netto Null 2050 mit dem Konzept „Netto Null“?

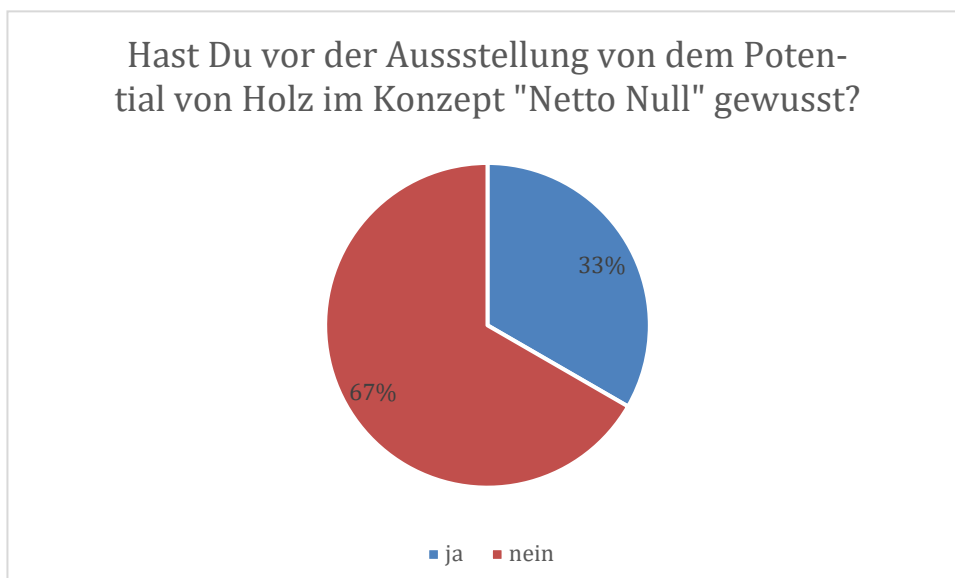


Abbildung 20 Besuchendenumfrage. Frage: Hast du vor der Ausstellung vom Potential von Holz im Konzept Netto Null gewusst?

Die Frage „Hat der Event Dein Denken über "Netto Null" verändert? Wenn ja, auf welche Weise?“ wurde folgendermassen beantwortet:

- Erstaunlich was aus Bäumen gemacht werden kann.
- Es scheint Wege zu geben, Netto Null ist keine Illusion
- Es wäre einfach, nur tut es keiner
- Positive Zukunft mit Ressourcennutzung
- Wir können kreativ werden bzw. müssen, um das Ziel zu erreichen
- Holz zum Duftstoffe herstellen
- Noch etwas mehr beim Bauen darauf zu achten
- Weniger Negativität
- Es wäre jetzt schon möglich - wieso erst 2050?
- Die Wichtigkeit von Suffizienz etc. trotz technologischer Optimierung usw.
- Es ist immer wieder überraschend, neues zu lernen
- Es gibt viele motivierte Leute voller kreativer Ideen und Tatendrang, das ist motivierend
- Es war sehr optimistisch und auch teilweise ermutigend
- Die Rechnung scheint aufzugehen in dieser Vision

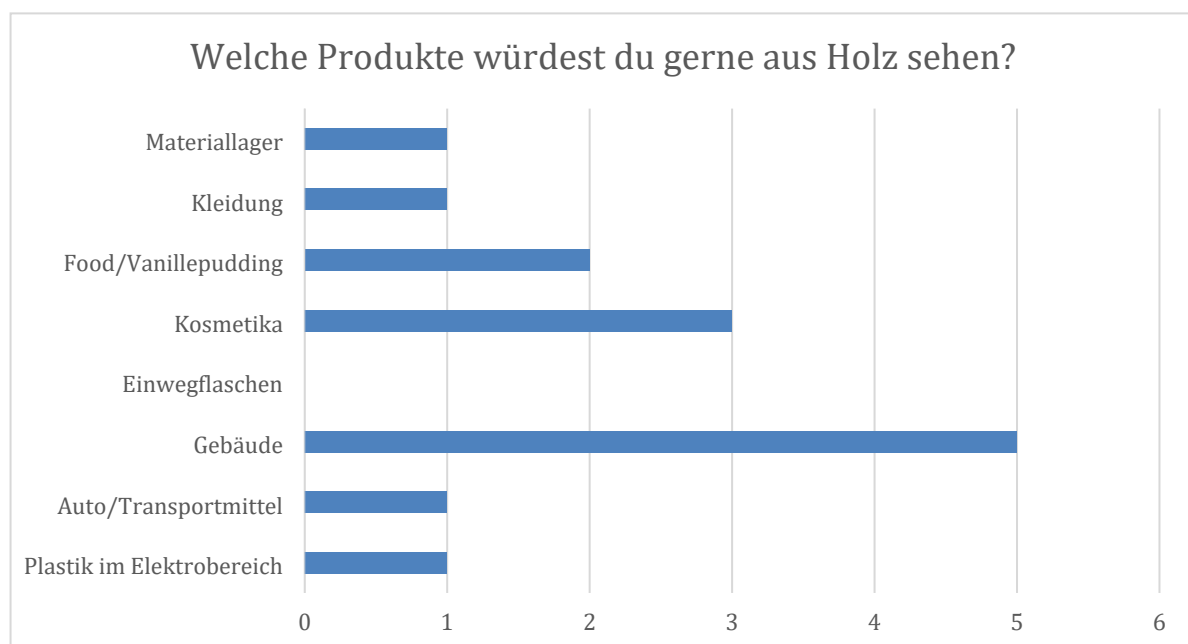


Abbildung 21 Besuchendenbefragung. Frage: Welche Produkte würdest du gerne aus Holz sehen.

Aus Abbildung 21 geht hervor, dass Holzgebäude hoch angesehen werden – die Holzinnovationen für Kosmetika und Lebensmittel jedoch ebenfalls auf Interesse stossen.

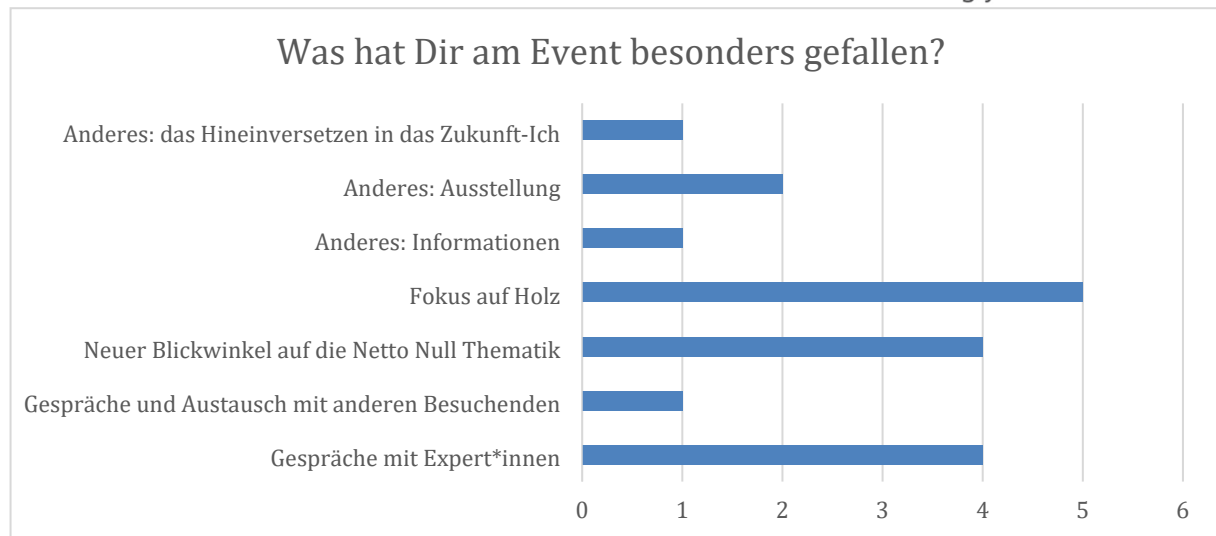


Abbildung 22 Besuchendenbefragung. Frage: Was hat Dir am Event besonders gefallen? Es war nur eine Antwortmöglichkeit möglich.

Abbildung 22 zeigt zusammenfassend, dass ein reges Interesse an Holz und einen neuen Blick darauf und die Netto Null Thematik besteht. Ebenfalls wurden die Gespräche mit Fachleuten als positiv bewertet.

10. Schlussfolgerungen

Das Projekt unterstützt die Implementierung der Bioökonomie, indem Akzeptanz, Verständnis und Begeisterung dafür in der Öffentlichkeit und breiten Bevölkerung gefördert und geschaffen wird.

Die Erkenntnisse dieses Projekts können als Ausgangslage für Folgeprojekte wie weiterführende quantitative Analysen (Life Cycle Assessments, Policy Empfehlungen, etc.) dienen. Die erarbeiteten Inhalte inspirieren zu zirkulären, holzbasierten Businessmodellen für die Praxis.

Die Ausstellung als Medium des Wissenstransfers stellte sich als gelungen heraus: die Besuchenden schienen angeregt, es wurden weiterführende Fragen diskutiert und das Interesse an der Weiterführung der Ausstellung sowie Kollaborationen bekundet.

Limitationen und Folgerungen

- Es besteht weiterer Forschungsbedarf in der Quantifizierung der Umwelteinflüsse von neuen holzbasierten Produkten
- Es fehlen wissenschaftliche Grundlagen in der Quantifizierung der Effekte der Kreislaufführung von holzbasierten Produkten
- Umwelteffekte von Suffizienzmassnahmen bzgl. Konsum sind weitgehend nicht quantifiziert (Ausnahme: Textilien (Kleidung, Reduktion des Individualkonsums von 50% resultiert in der Einsparung von 1 Mt CO₂-Äquivalent schweizweit (Wiprächtiger et al., 2022)). Suffizienzmassnahmen in allen betrachteten Bereichen werden entsprechend vorerst qualitativ behandelt.
- Da im vorliegenden Projekt keine weiteren Umweltauswirkungen in Betracht gezogen wurden, sollten künftige Arbeiten die Substitutionsfaktoren und weitere Umweltfaktoren (Wasserverbrauch, Flächenverbrauch, etc.) tiefergehend untersuchen.

Erkenntnisse:

- Workshops mit Fachfremden und Fachleuten sind ein wertvolles Werkzeug, um den interdisziplinären Austausch zu fördern. Ein Learning, welches die Strukturierung der Workshops nach der ersten Durchführung beeinflusst hat, ist, dass insbesondere bei Fachfremden der Kontext zwischen den intensiven Fachlichen und persönlichen Bezügen hergestellt werden muss, da solche Themen sehr abstrakt sind. Die Erwartung, dass mithilfe der Workshops die erarbeiteten Szenarien iterativ auf CO₂-Reduktion optimiert werden könnten, war einiges zu hoch, da die komplexen Zusammenhänge nicht in einer Workshop-gerechten Zeit vermittelt werden können. Entsprechend wird empfohlen, qualitative und humorvolle Arbeit zuzulassen, welche die Teilnehmenden zum Weiterdenken anregt.
- Soziale Medien sind interessant, jedoch kann in einer Social Media-Kampagne, die nur ca. ein Jahr läuft, nur mit hohem (finanziellem) Werbeaufwand mit grösserer Reichweite gerechnet werden.
- Die CLB Schweiz sieht weiteren Handlungsbedarf in der Forschung: Es fehlt die Datengrundlage, um genauer zu betrachten, was die Impacts der Kreislaufführung auf Holzprodukte und Umwelt) sind
- Die CLB Schweiz sieht weiteren Handlungsbedarf bei der Identifikation von möglichen negativen Externen Effekten, welche die Substitution von Nichtholzprodukten mit holzbasierten mit sich bringen könnte

11. Literaturverzeichnis

- Aktionsplan Holz. (2021). *Aktionsplan Holz 2021 – 2026 KOMMUNIKATIONSGRUNDLAGEN UND – ANREGUNGEN FÜR GESUCHSTELLENDEN*. 1–21.
- BAFU. (2007). *CO₂-Effekte der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft [CO₂ Effects of the Swiss Forestry and Timber Industry]*.
[http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:CO₂-Effekte+der+Schweizer+Wald-+und+Holzwirtschaft#0](http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:CO2-Effekte+der+Schweizer+Wald-+und+Holzwirtschaft#0)
- BAFU et al. (Hrsg.). (2021). Ressourcenpolitik Holz 2030. Strategie, Ziele und Aktionsplan Holz 2021–2026. *Umwelt-Info*, 2103(76).
- BFE. (2022). *Holzenergiestatistik 2021. August*.
- Bundesamt für Statistik. (2022). *Rundholzeinschnitt, Schnitt- und Restholz in den Sägereien in m³, nach Grössenklassen und Forstzonen 2021*. Eidgenössische Holzverarbeitungserhebung.
<https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken.gnpdetail.2022-0573.html>
- Empa. (2019). *MatCH-Synthesebericht*.
<https://www.dora.lib4ri.ch/empa/islandora/object/empa:20917>
- Flühmann, C., Neubauer-Letsch, B., Laggner, L., & Näher Thomas. (2018). *Holzendverbrauch Schweiz 2018*.
- Gauch, M., Matasci, C., Hincapié, I., & Böni, H. (2016). *Material- und Energieressourcen sowie Umweltauswirkungen der baulichen Infrastruktur der Schweiz*.
- Grünenfeld, D. (Muntagnard). (2021, November 24). *Expertengespräch*.
- Han, H., & Ahn, S. W. (2020). Youth Mobilization to Stop Global Climate Change: Narratives and Impact. *Sustainability*, 12(10), 4127. <https://doi.org/10.3390/su12104127>
- Heeren, N., & Hellweg, S. (2018). Tracking Construction Material over Space and Time: Prospective and Geo-referenced Modeling of Building Stocks and Construction Material Flows. *Journal of Industrial Ecology*. <https://doi.org/10.1111/jiec.12739>
- Holzindustrie Schweiz HIS. (2023). *Holzindustrie Schweiz - Produktion*. <https://www.holz-bois.ch/branche/produktion>
- Krackler, V., Keunecke, D., & Niemz, P. (2010). Verarbeitung und Verwendungsmöglichkeiten von Laubholz und Laubholzresten. *Physics*, 155.
- Lehner, L. (2018). *Bioproduktewerk Schweiz-Übersicht zu Anforderungen und Voraussetzungen für eine Machbarkeitsprüfung*.
https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wald-holz/fachinfo-daten/Bioproduktewerk_Schweiz_Schlussbericht_190228.pdf.download.pdf/Bioproduktewerk_Schweiz_Schlussbericht_190228.pdf
- Näher, T., Thömen, H., & Burgert, I. (2020). *S-Win Innovation Roadmap 2030 - Strategische Ziele und Massnahmen für die Schweizerische Forst- und Holzwirtschaft*. 33.
<https://www.s-win.ch/wp-content/uploads/2020/02/SWIN-InnovationRoadmap2030.pdf>
- Schweizerischer Bundesrat. (2020). *Energieperspektiven 2050+ Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse*. 36.
- SRF4 News. (2022). *Neues Plastik-Sammelsystem soll 2023 starten*.
<https://www.srf.ch/news/schweiz/kunststoff-recycling-neues-plastik-sammelsystem-soll-2023-starten>

- Stadelmann, G., Herold, A., Didion, M., Vidondo, B., Gomez, A., & Thürig, E. (2016).
Holzerntepotenzial im Schweizer Wald: Simulation von Bewirtschaftungsszenarien.
Schweizerische Zeitschrift Für Forstwesen, 167(3), 152–161.
<https://doi.org/10.3188/szf.2016.0152>
- Suter, F. (2016). *To use or not to use: Environmental effects of wood utilization in Switzerland*.
- Winterberg, N., Weber, R., Laggner, L., & Näher, T. (2022). *Holzendverbrauch 2019/2020 - Datenbe-richt, Berner Fachhochschule*.
- Wiprächtiger, M., Rapp, M., Hellweg, S., Shinde, R., & Haupt, M. (2022). Turning trash into treasure: An approach to the environmental assessment of waste prevention and its application to clothing and furniture in Switzerland. *Journal of Industrial Ecology*, 1–17.
<https://doi.org/10.1111/jiec.13275>