



CO<sub>2</sub>

OUTPUT

**eurac**  
research

## TINY FOP MOB

Ein rollendes Reallabor aus Holz und Hanf reist durch den Vinschgau

Wissenschaft und Gesellschaft arbeiten gemeinsam an nachhaltigen Lösungen



**Förderung:** EFRE 1161

**Achse:** 1 – Forschung und Innovation  
(Stärkung von Forschung, technologischer Entwicklung und Innovation)

**Projektdauer:** Januar 2021 bis Juni 2022

**Spezialisierungsbereich:** Energie und Umwelt

**Lead Partner:** Eurac Research, Center for Advanced Studies

**Projektpartner:** Eurac Research, Institut für Erneuerbare Energie, Freie Universität Bozen, Schönthaler Bausteinwerk GmbH, Habicher Holzbau GmbH

**Website:** [www.eurac.edu/de/tiny-fop-mob](http://www.eurac.edu/de/tiny-fop-mob)



Das Projekt wurde durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) unterstützt.

**efre · fesr**  
Südtirol · Alto Adige

Europäischer Fonds für regionale Entwicklung  
Fondo europeo di sviluppo regionale



EUROPEAN UNION



AUTONOME  
PROVINZ  
BOZEN  
SÜDTIROL



PROVINCIA  
AUTONOMA  
DI BOLZANO  
ALTO ADIGE

**eurac**  
research

**unibz**  
Freie Universität Bozen  
Libera Università di Bolzano  
Università Lieldia de Bulsan

**Schönthaler**  
I-39023 Eyrs (BZ), Vinschgauer Straße 33  
T +39 0473 739 937, F +39 0473 739 720

**HABICHER**  
HOLZBAU

## Projektbericht

### *TINY FOP MOB*

**Ein rollendes Reallabor aus Holz und  
Hanf reist durch den Vinschgau**  
Wissenschaft und Gesellschaft arbeiten  
gemeinsam an nachhaltigen Lösungen

Unser Dank gebührt in erster Linie den zahlreichen Besucherinnen und Besuchern, sowie den Referentinnen und Referenten, welche sich bei den verschiedensten Veranstaltungen aktiv in die Diskussion eingebracht haben. Ohne sie wäre das Reallabor nicht zum Leben erweckt worden. Ein besonderer Dank gilt außerdem den fünf Gemeinden Schlanders, Latsch, Graun im Vinschgau, Prad am Stilfserjoch und Mals im Vinschgau, insbesondere den Bürgermeistern Dieter Pinggera, Mauro Dalla Barba, Franz Alfred Prieth, Rafael Alber und Josef Thurner, für die Gastfreundschaft und die Bereitschaft, sich am Projekt *Tiny FOP MOB* zu beteiligen. Weiters bedanken möchten wir uns beim Social Innovation Hub BASIS Vinschgau Venosta, namentlich bei Hannes Götsch, Vittoria Brolis (ehemalige Mitarbeiterin), Magda Tumler und Paul Kofler, welche uns vor Ort zur Seite gestanden sind sowie bei unseren Unterstützerinnen und Unterstützern aus ganz Südtirol und darüber hinaus. Schließlich gilt der Dank dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) für die Finanzierung des Projekts.

Vervielfältigung und Verbreitung der Inhalte unter Anerkennung des Urheberrechts mit folgender Quellenangabe gestattet: Habicher, D., Gigante, S., Kofler, I. et al. (2022). Projektbericht *Tiny FOP MOB* – Ein rollendes Reallabor aus Holz und Hanf reist durch den Vinschgau. Wissenschaft und Gesellschaft arbeiten gemeinsam an nachhaltigen Lösungen. Bozen: Eurac Research.

**Wissenschaftliche Projektleitung:**

Ingrid Kofler & Daria Habicher

**Projektkoordination:**

Daria Habicher

**Projektteam (alphabetisch):**

Stefania Altavilla, Francesco Babich, Lorenzo Bonelli, Yuri Borgianni, Josef Folie, Silvia Gigante, Alexander Habicher, Daria Habicher, Markus Habicher, Thomas Habicher, Irene Lara Ibeas, Ingrid Kofler, Chiara Nezzi, Guido Orzes, Silvia Ricciuti, Laura M. Ruiz-Pastor, Werner Schönthaler, Martina Thöni, Simone Torresin, Valeria von Miller, Fabian Zwick.

**Autorenschaft (alphabetisch):**

Stefania Altavilla, Francesco Babich, Lorenzo Bonelli, Yuri Borgianni, Silvia Gigante, Daria Habicher, Irene Lara Ibeas, Ingrid Kofler, Chiara Nezzi, Guido Orzes, Silvia Ricciuti, Laura M. Ruiz-Pastor, Simone Torresin, Valeria von Miller mit der Unterstützung der Praktikantinnen und Praktikanten Alex Cereghini, Johanna Mölgg, Valentin Wallnöfer und Anita Mancini.

**Illustration:** Oscar Diodoro

**Fotos**

BASIS Vinschgau Venosta  
Cinemepics  
Center for Advanced Studies

**Informationen**

Eurac Research  
Drususallee 1  
39100 Bozen (IT)  
Tel.: +39 0471055800  
E-Mail: advanced.studies@eurac.edu

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort ..... 6

### **1. Einführung.....9**

- 1.1. Von der Idee zur Umsetzung.....12
- 1.2. Transdisziplinäre Forschung und Reallabore zur Bewältigung komplexer Herausforderungen.....14
- 1.3. Forschungs- und transferorientierte Aktivitäten im und am Reallabor..... 17

### **2. Die Realisierung des Reallabors *Tiny FOP MOB*..... 19**

- 2.1. Von der Planung zur Realisierung..... 22
- 2.2. Die Materialauswahl..... 25

### **3. Die Aktivitäten des Reallabors *Tiny FOP MOB*.....29**

- 3.1. Die Diskussion rund ums Thema Bauen und Wohnen auf einen Blick..... 34
- 3.2. Ergebnisse aus der Befragung zum Thema Nachhaltigkeit und Umweltbewusstsein .....41
- 3.3. Laborversuche mit zwei Wandaufbauten im Facade System Interactions Lab.....45
- 3.4. Messungen am *Tiny FOP MOB*.....47
- 3.5. Ergebnisse der Komfortbewertung des *Tiny FOP MOB*s.....49
- 3.6. Wahrnehmung des Reallabors..... 51
- 3.7. Lebenszyklusanalyse im Rahmen des Projekts *Tiny FOP MOB*..... 55
- 3.8. Kreislauffähigkeit des *Tiny FOP MOB*s..... 59

### **4. Ausblick.....63**

### **5. Die Projektpartner.....69**

Appendix.....72

Literaturverzeichnis..... 74

## Abbildungsverzeichnis

- **Abbildung 1:** Die zwei Säulen des Projektes *Tiny FOP MOB* (Eurac Research), 13
- **Abbildung 2:** Die 17 globalen Ziele für nachhaltige Entwicklung (Vereinte Nationen, 2015), 16
- **Abbildung 3:** 3D-Zeichnung des Prototyps (Habicher Holzbau GmbH), 22
- **Abbildung 4:** Grundriss des Prototyps (Habicher Holzbau GmbH), 23
- **Abbildung 5:** Steckbrief Vinschgau, 32
- **Abbildung 6:** Die Reise des *Tiny FOP MOB*s durch den Vinschgau (Eurac Research), 33
- **Abbildung 7:** Soziodemographische Daten der Befragten (Eurac Research), 41
- **Abbildung 8:** Wortwolke zum Thema Wünsche in Bezug auf eine nachhaltige Zukunft (Eurac Research), 42
- **Abbildung 9:** Zustimmung zu Aussagen bezogen auf das Umweltbewusstsein (Eurac Research), 43
- **Abbildung 10:** Das Facade System Interactions Lab (kurz MultiLab) von Eurac Research, 45
- **Abbildung 11:** Fassadensensoren (links), Blower-Door-Test (Mitte), Anbringung der Sensoren für die Messung des Raumklimas (rechts), 46
- **Abbildung 12:** Multi-Parameter Überwachungsgeräte im Inneren (a) und Äußeren (b) des *Tiny FOP MOB*s, 47
- **Abbildung 13:** CO<sub>2</sub>-Konzentration im Inneren und Äußeren des Prototyps von 26. bis 31. Juli (Eurac Research), 48
- **Abbildung 14:** Zustimmung zu Aussagen hinsichtlich der Wahrnehmung des *Tiny FOP MOB*s (Freie Universität Bozen), 51
- **Abbildung 15:** Innenraum (a-b) und fixierter Interessenspunkt während einer Beobachtung mittels Blickerfassungsbrille (c), 52
- **Abbildung 16:** Darstellung der Interessenspunkte, 52
- **Abbildung 17:** Emittierte CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Herstellung des Hanfziegels (Freie Universität Bozen), 57
- **Abbildung 18:** Kreislauffähigkeit des Prototyps *Tiny FOP MOB* laut Circularity Calculator (Freie Universität Bozen), 60

## Boxenverzeichnis

- **Box 1:** Definition sozialökologische Transformation, 14
- **Box 2:** Sieben Charakteristika eines Reallabors, 15
- **Box 3:** Definition nachhaltige Entwicklung, 16
- **Box 4:** Informationen zum Baumaterial Hanf, 26
- **Box 5:** Informationen zum Baumaterial Holz, 27
- **Box 6:** Maßnahmen für mehr Nachhaltigkeit im Bereich Bauen und Wohnen, 40

## Tabellenverzeichnis

- **Tabelle 1:** Vergleich der Menge CO<sub>2</sub>e pro kg Ziegel (Freie Universität Bozen), 56
- **Tabelle 2:** Vergleich der Menge CO<sub>2</sub>e pro m<sup>2</sup> Wand (Freie Universität Bozen), 58
- **Tabelle 3:** Untersuchte Parameter, 61

## Vorwort

Wir müssen neue Wege gehen. Viele unserer gewohnten Lebens- und Wirtschaftsweisen bringen uns zwar kurzfristig Wohlstand und Freiheiten, schaden aber langfristig unserer Umwelt, vielen Menschen in ärmeren Regionen, Tieren und Ökosystemen und bringen letztlich die Lebensgrundlage unserer Kinder und Enkelkinder in Gefahr. Und wenn wir ehrlich sind, ist vieles von dem, was wir tagtäglich tun und schaffen, auch für uns selbst nicht gut. Wir sind aufgefordert, eingefahrene Bahnen zu verlassen und neue Wege zu gehen.

Die gute Nachricht ist: Wir wissen ziemlich genau, was wir ändern müssen. Seit vielen Jahren kümmern sich die Vereinten Nationen um die Realisierung einer „Nachhaltigen Entwicklung“ (engl. Sustainable Development). Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf der ganzen Welt forschen an den Ursachen und Auswirkungen unserer nicht-nachhaltigen Lebens- und Wirtschaftsweisen und zeigen Wege aus den ökologischen und sozialen Krisen auf. Wissen ist also da, nur der tatsächliche Wandel lässt noch auf sich warten.

Die zweite gute Nachricht ist: Menschen sind kreativ, sehr kreativ sogar, wenn es darauf ankommt. Und wir haben das Potenzial, Dinge vorausschauend zu verändern, zum Beispiel Energie anders als aus fossilen Brennstoffen zu gewinnen, oder zu bauen, ohne dabei massiv Energie zu verschwenden oder problematische Baustoffe zu verwenden. Wir können auch in unserem sozialen Verhalten neue Wege gehen. Anstatt zum Beispiel immer mehr in Konkurrenz untereinander zu leben, mehr auf Kooperation, Austausch und gemeinsames Lernen zu setzen. Und noch eine gute Nachricht, wir sind in der Lage, unsere eigenen Überzeugungen und kulturellen Muster zu hinterfragen. „Wachstum“ beispielsweise ist ein uraltes Muster und Leitbild, das tief in der Kulturgeschichte der Menschheit verwurzelt ist. Über Jahrhunderte hat es uns gut gedient und Sicherheit und Wohlstand gebracht. Heute aber führt uns dieses Leitbild, wenn wir ihm weiter folgen, direkt in die Katastrophe. Es ist also an der Zeit, uns davon zu verabschieden.

Bei allem Wissen und Wollen sind wir aber noch weit entfernt von einer wirklich nachhaltigen Lebensweise – so lautet die nicht so gute Nachricht. Was uns im Wege steht, das sind überkommene Denkweisen, Strukturen und Gewohnheiten. Was uns hier weiterbringt: Neues auszuprobieren, erste Schritte in die richtige Richtung zu gehen, und mögen sie noch so klein oder manchmal auch winzig sein. Nachhaltige Entwicklung ist eine Frage der Haltung – und des Aufbruchs.

Dabei gilt es möglichst gemeinsam und kooperativ in eine nachhaltige Zukunft zu gehen, so wie mit dem *Tiny FOP MOB* in einer Kooperation von Wissenschaft und Praxis. Neuere Formen der Wissenschaft – wie die transdisziplinäre und die transformative Forschung – betonen die Wichtigkeit solcher bereichs- und berufsübergreifenden Kooperationen, können dadurch doch die Stärken der jeweiligen Partnerinnen und Partner kombiniert und Synergien geschaffen werden. Oder anders formuliert: Wenn es um eine nachhaltige Entwicklung geht, sind Wissenschaft und Praxis jeweils auf einem Auge blind. Die Wissenschaft auf dem konkreten Auge, die Praxis auf dem abstrakten. Der tatsächliche Durchblick gelingt nur gemeinsam. Solche Kooperationen sind, wenn man sich wirklich darauf einlässt, oft mühsam aber absolut lohnenswert, muss man sich

doch auf die Sichtweise, Interessen und Argumente des anderen einlassen und ist aufgefordert, die eigene Position zu hinterfragen. Das bereichert.

Reallabore bieten einen Rahmen und Anlässe für gelingende Kooperationen von Wissenschaft und Praxis, stellen vorhandene Handlungsmuster in Frage und erproben und erforschen neue Lösungen für eine nachhaltige Zukunft. Reallabore sind sicher nicht der einzige Schlüssel zum Glück, aber wegweisend. Sie können helfen, clevere Ideen groß zu machen und soziale wie technische Innovationen aus der Nische in die Mitte der Gesellschaft zu tragen. So kann aus einer winzigen, anfangs noch abwegig erscheinenden Idee eine große Sache werden – und irgendwann dann das neue Normal.

Das *Tiny FOP MOB* ist neue Wege gegangen, hat seine Runden durch den Vinschgau gezogen, Neues in die Welt getragen, Begegnungen ermöglicht, die Region ein bisschen bunter gemacht – und gezeigt, dass klimaschonendes und nachhaltiges Bauen möglich ist.

### **Oliver Parodi**

Leiter des Karlsruher Transformationszentrums für Nachhaltigkeit und Kulturwandel (KAT)

# 1.

## Einführung



## Einführung

Die Erde steht am Limit ihrer Belastungsgrenze. Die natürlichen Lebensgrundlagen der Menschheit sind in Gefahr und Rufe nach einem dringend notwendigen sozialökologischen Umbau von Gesellschaft und Wirtschaft werden immer lauter. Die Menschheit ist in einem neuen Zeitalter angekommen, im sogenannten Anthropozän, im Zeitalter des Menschen. Wie der Begriff bereits vermuten lässt, kommt dem Menschen dabei eine bedeutende Rolle zu: Er greift durch seine Aktivitäten in die Funktionsweise des Ökosystems Erde ein. Die sogenannte imperiale Lebensweise von überwiegend im Globalen Norden zu verortenden Regionen und Menschen geht mit einem exzessiven Ressourcenverbrauch einher und zieht eine Reihe von sozialökologischen Herausforderungen und Ungleichheitsdynamiken mit sich. Umweltprobleme und soziale Missstände werden bewusst oder unbewusst ins „Ausland“, häufig in den Globalen Süden, verlagert. Die Ausbeutung des Globalen Südens ist somit ein Grund dafür, dass die aktuell vorherrschenden, westlich-modernen Produktions- und Konsummuster überhaupt erst gewährleistet und aufrechterhalten werden können.<sup>1</sup>

Besonders seit den 1950er Jahren lassen sich bedrohliche Entwicklungen beobachten, wie etwa die erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre und der damit zusammenhängende Anstieg der Erdoberflächentemperatur, die Wasserknappheit, die Ozeanversauerung, die in hohem Tempo voranschreitende Entwaldung und der drastische Biodiversitätsverlust. Die sogenannten planetaren Belastungsgrenzen sind teilweise schon überschritten, die Ökosysteme drohen aus dem Gleichgewicht zu geraten, die Lebensgrundlage der Menschheit ist in Gefahr.<sup>2</sup>

Auch Südtirol bleibt vor den Herausforderungen des Anthropozäns nicht verschont und hat erkannt, dass es Schritte in Richtung mehr Nachhaltigkeit unternehmen muss. Worin bestehen konkrete Lösungen, eine nachhaltige Entwicklung in Bereichen der Stadtplanung, in der Baubranche, der Mobilität oder der Nahrungsmittelbeschaffung anzustoßen? Wie lassen sich nicht-nachhaltige Denk- und Handlungsmuster, ja Verhaltensweisen verändern? Wie dieser sozial und ökologisch verträgliche Wandel gestaltet wird, ist relevant und für die Gegenwart wichtiger denn je. Neue Lebens- und Wirtschaftsformen müssen umgesetzt werden, um eine resiliente und nachhaltige Gesellschaft zu entwickeln, die Klimakrise einzudämmen und die Nachhaltigkeitsziele der Agenda 2030 zu erreichen.<sup>3</sup> Einzelne, bereichsspezifische oder technologische Innovationen reichen nicht aus, stattdessen braucht es einen gesamtgesellschaftlichen, einen kulturellen Wandel. In diesem Zusammenhang spricht der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) von der Notwendigkeit einer „Großen Transformation“ in Richtung Nachhaltigkeit.<sup>4</sup> Das Projekt und Reallabor *Tiny FOP MOB* (Abkürzung für **kleines F**orschungs- und **PraxisM**OBil) will zum gemeinsamen Nachdenken über Nachhaltigkeit anregen und einen Beitrag zum sozialökologischen Umbau von Gesellschaft und Wirtschaft leisten.

## 1.1. Von der Idee zur Umsetzung

Eine Branche, welche merklich negative Auswirkungen auf Klima und Umwelt hat, ist die Baubranche. Sie ist für etwa 40 Prozent der weltweit energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen und für nahezu die Hälfte des globalen Müllaufkommens verantwortlich – ähnlich die Situation in Südtirol.<sup>5</sup> Zudem hat die durchschnittliche Nutzungsdauer eines Hauses in den letzten Jahrzehnten stark abgenommen: Während zahlreiche historische Gebäude in europäischen Städten seit über hundert Jahren genutzt werden, beträgt die durchschnittliche Nutzungsdauer von neueren Gebäuden lediglich 40 bis 50 Jahre.<sup>6</sup> Auch wenn bereits umweltfreundliche Baumaterialien wie etwa Holz und Hanf eingesetzt werden, braucht es für die Zukunft weitere innovative Lösungen, welche nicht nur die Art und Weise des Bauens, sondern auch jene des Wohnens und des Wirtschaftens im Allgemeinen verändern. Dabei spielen nicht nur der Energieverbrauch und die eingesetzten Materialien eine Rolle, vielmehr soll der gesamte Bauprozess – von der Rohstoffauswahl, der Planung, der Bauphase bis hin zur Nutzung, Umnutzung und dem Recycling – nachhaltig gestaltet werden. Nicht nur sollen und müssen sich ausführende Unternehmen an dieser Diskussion beteiligen, sondern auch Planerinnen und Planer, die öffentliche Verwaltung, die Wissenschaft und schließlich auch die Zivilbevölkerung. Wie wir zukünftig bauen und wohnen, betrifft nicht nur die einzelnen Objekte. Es braucht darüber hinaus ein gemeinsames Nachdenken, wie etwa mit der begrenzten Ressource Siedlungsfläche umgegangen wird, in welchen Gemeinschaften zukünftig gewohnt wird und nicht zuletzt, wie Städte und Dörfer attraktiv gestaltet werden können.

Themen der nachhaltigen Entwicklung und somit auch die Thematik des nachhaltigen und zukunftsorientierten Bauens und Wohnens sind gesellschaftsrelevante Bereiche. Um die Diskussionen und die Veränderungen im Kontext nachhaltiger Entwicklung anzutreiben und konkrete Lösungen für unterschiedliche Herausforderungen zu finden, gibt es in der wissenschaftlichen Praxis eine erprobte Methode dafür: die Reallabore. Als Reallabor bezeichnet man einen Ort, an dem gesellschaftliche Veränderungsprozesse und nachhaltige, gesellschaftsrelevante und praxisnahe Lösungen im Austausch zwischen Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und der Zivilbevölkerung diskutiert und gestaltet werden.<sup>7</sup>

Das im Rahmen des fünften EFRE-Aufrufs Forschung und Innovation (zur Stärkung von Forschung, technologischer Entwicklung und Innovation) entstandene Reallabor *Tiny FOP MOB* stellt einerseits ein praktisches und erlebbares Beispiel für Nachhaltigkeit und andererseits einen Ort der Begegnung, des Austausches und des Lernens dar. Insofern ist das *Tiny FOP MOB* Bau-, Bildungs- und Forschungsprojekt in einem. Das Projekt umfasste die Planung, den Bau und die tatsächliche Nutzung eines CO<sub>2</sub>-negativen, mit den natürlichen Materialien Holz, Hanf und Kalk gebauten Reallabors auf Rädern. Als nachhaltiges Produkt zeigt es anschaulich, wie der Bausektor durch die Kombination bereits existierender, nachhaltiger Materialien zu einem schonenden Umgang mit Ressourcen und mit der Umwelt beitragen kann. Eine Alternative jenseits traditioneller, nicht regenerativer Lösungen für den Bereich Bauen und Wohnen aufzuzeigen, war eines der Ziele des Projektes (Säule 2).

Im Zeitraum zwischen Juli 2021 und Juni 2022 war das Reallabor *Tiny FOP MOB* in fünf verschiedenen Gemeinden des Vinschgau unterwegs, einem Tal im Westen der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol (Italien). Auf dieser Reise wurden zahlreiche Experimente und Erhebungen durchgeführt, Workshops abgehalten, Unternehmensabende und andere Diskussionsformate geboten. Dadurch leistete das Projekt einen Beitrag zur Sensibilisierung und Information im Bereich nachhaltiger Entwicklung sowie des nachhaltigen Bauens und Wohnens. Das zweite Ziel (Säule 1) bestand darin, das transdisziplinäre Forschungs- und Praxismobil als Diskussions- und Dialogplattform zu nutzen und so das Bewusstsein für die Dringlichkeit und Relevanz sozialökologischer und ökonomischer Nachhaltigkeit zu steigern (siehe Abb. 1).

Neben den zwei konkreten Projektzielen wurden weitere transversale Ziele definiert: Das Projekt sollte während der gesamten Projektlaufzeit den Austausch zwischen Akteurinnen und Akteuren aus der Wissenschaft und der Praxis sowie zwischen Zentrum und peripheren Regionen – der Großteil der Forschungstätigkeit wird in der Provinzhauptstadt Bozen durchgeführt – fördern. Durch das Aufzeigen eines konkreten Beispiels für eine nachhaltige Bauweise, die Erhebung zahlreicher Daten und die Bewusstseinsbildung, Sensibilisierung und Information, sollte das Projekt einen kleinen Beitrag zur sozialökologischen Transformation von Gesellschaft und Wirtschaft leisten.

### Säule I: BEWUSSTSEINSEBENE

Veranstaltungen, Diskussionsformate, Workshops und Experimente im/neben dem Reallabor *Tiny FOP MOB* sollen Unternehmen und Interessierte hinsichtlich der Thematik Nachhaltigkeit sensibilisieren und informieren.

### Säule II: PRAXISEBENE

Die Planung und Realisierung des CO<sub>2</sub>-negativen Prototyps *Tiny FOP MOB* aus Holz und Hanf steht für ein konkretes Beispiel für Nachhaltigkeit im Bereich Bauen und Wohnen.

### FORSCHUNGS-, BILDUNGS- UND BAUPROJEKT TINY FOP MOB

Abbildung 1: Die zwei Säulen des Projektes *Tiny FOP MOB* (Eurac Research)

## 1.2. Transdisziplinäre Forschung und Reallabore zur Bewältigung komplexer Herausforderungen

Um vielschichtige, komplexe und interdependente Herausforderungen im Rahmen der sozial-ökologischen Transformation (Definition siehe Box 1) bewältigen zu können, braucht es ein gemeinsames Denken und Handeln jenseits von disziplinären und bereichsspezifischen Grenzen. Diese Notwendigkeit erkennend, etablierte sich in den vergangenen Jahren der transdisziplinäre Forschungsansatz, welcher zumeist von einem praktischen Bedarf (in diesem Fall im Bereich Bauen und Wohnen) angestoßen wird und danach strebt, Wissen, Methoden und Praktiken aus der Wissenschaft und der Praxis zu integrieren, mit dem Ziel, gemeinsam nach Lösungen zu suchen und Veränderungsprozesse anzustoßen.<sup>8</sup>

### Definition sozialökologische Transformation

Zu den drängendsten Herausforderungen unserer Zeit gehören der Klimawandel, der Biodiversitätsverlust, die zunehmende Ressourcenknappheit, die wachsende soziale Ungleichheit und die zunehmenden politischen Spannungen. Um die zivilisatorischen Errungenschaften der Moderne zu erhalten und weiterzuentwickeln, ohne die natürliche Lebensgrundlage zu gefährden, braucht es einen tiefgreifenden Wandel, eine sogenannte sozialökologische Transformation von Gesellschaft und Wirtschaft. Als sozialökologische Transformation wird der tiefgreifende, strukturelle und systemische Veränderungsprozess und gleichzeitig ein kollektiver Such-, Experimentier- und Lernprozess bezeichnet. Ziel ist es, ein gutes Leben für alle zu erreichen – immer innerhalb der ökologischen Grenzen einer nachhaltigen Entwicklung.<sup>9</sup>

Box 1: Definition sozialökologische Transformation

Der transdisziplinäre Forschungsansatz macht es für die Wissenschaft erforderlich, sich für Probleme der alltäglichen Lebenswelt zu öffnen, nicht-wissenschaftliche Akteurinnen und Akteure in den Forschungsprozess zu integrieren und sich kritisch gegenüber ihrer explizit normativen Bearbeitung der Themen zu positionieren.<sup>10</sup> Das Projekt *Tiny FOP MOB* ist somit direkt an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Praxis verortet: Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Unternehmerinnen und Unternehmer und die Bevölkerung bringen ihr Wissen ein, arbeiten gemeinsam an Problemen und Lösungsvorschlägen und setzen Ideen gemeinsam um. Expertinnen und Experten aus dem Ingenieurwesen, der Soziologie, der Politikwissenschaft, der Wirtschaftswissenschaft und des Bauhandwerks arbeiteten im Projekt *Tiny FOP MOB* zusammen.

Die Teilhabe und Teilnahme an Projektarbeit, Forschung und gesellschaftlichen Gestaltungsprozessen spielen für das Verständnis der transdisziplinären Forschung eine tragende Rolle. Diese sind die Grundlage für Co-Design, Co-Produktion und Co-Dissemination. Dieser Prozess kann

etwa durch die Befragung regionaler Akteurinnen und Akteure, die gemeinsame Entwicklung von Forschungsideen und die Festlegung des Forschungsprogramms umgesetzt werden (Co-Design). Die Co-Produktion von Wissen zwischen nicht-wissenschaftlichen und wissenschaftlichen Akteurinnen und Akteuren wird ins Ergebnis integriert. Transdisziplinäre Projekte sollten sowohl Impulse für Diskurse und Innovationen im Praxisfeld als auch in der Wissenschaft sein (Co-Dissemination).<sup>11</sup>

Der Forschungsansatz Reallabor (siehe Box 2) hat in den letzten Jahren in der Forschung vermehrt Fuß gefasst und wird laufend weiterentwickelt. Das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg etwa unterstützt Reallabore seit dem Jahr 2015. Bis 2020 wurden 14 Reallabore realisiert. Das Netzwerk Reallabore der Nachhaltigkeit (NRN) besteht derzeit aus 64 Reallaboren und 44 Organisationen in Deutschland.<sup>12</sup> Die geläufigste Begriffserklärung für das Reallabor ist jene von Uwe Schneidewind. Demnach ist ein Reallabor ein Ort, „[ ] in dem Forscherinnen und Forscher Interventionen im Sinne von ‚Realexperimenten‘ durchführen, um über soziale Dynamiken und Prozesse zu lernen.“<sup>13</sup> Reallabore bieten also einen Raum, um sogenannte Aktions- bzw. Interventionsforschung durchzuführen. Bei diesem in den 1940er Jahren vom Sozialpsychologen Kurt Lewin eingeführten Konzept der Aktionsforschung handelt es sich um eine experimentelle Forschung, die zusammen mit den Teilnehmenden an einem konkreten Problem und dessen Lösung arbeitet.<sup>14</sup>

### Sieben Charakteristika eines Reallabors<sup>15</sup>

Laut Richard Beecroft und Oliver Parodi (2016) zeichnet sich ein Reallabor durch sieben Charakteristika aus:

1. Die Nachhaltigkeits- und Transformationsforschung stehen im Mittelpunkt der Reallaboraktivitäten (Forschungsorientierung).
2. Reallabore orientieren sich am Leitbild der nachhaltigen Entwicklung (normative Orientierung an Nachhaltigkeit).
3. Der transdisziplinäre Forschungsansatz fungiert als Grundlage für das Reallabor sowie die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis (Transdisziplinarität).
4. Reallabore zielen auf die Kombination wissenschaftlicher Erkenntnisse und gesellschaftlicher Gestaltung ab (Transformativität).
5. Die Zivilbevölkerung wird von Anfang an miteinbezogen. Die Partizipation wird durch Information, Konsultation, Kooperation und Empowerment angeregt (zivilgesellschaftliche Orientierung).
6. Reallabore sind langfristig angelegte Forschungsprojekte, welche über mehrere Jahre oder Jahrzehnte hinweg wirken sollten, um einen Wandel zu begleiten und zu ermöglichen (Langfristigkeit).
7. Reallabore sind Labore mit möglichst guten und stabilen Bedingungen für experimentelle Forschung und Beobachtung im komplexen, realweltlichen Kontext (Laborcharakter).

Box 2: Sieben Charakteristika eines Reallabors

Im Mittelpunkt des forschungs- und gestaltungsleitenden Paradigmas der Aktionsforschung mittels Reallaboren steht das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung (Definition siehe Box 3).<sup>16</sup> In Reallaboren werden in der Regel diverse Interventionen oder sogenannte Nachhaltigkeitsexperimente durchgeführt, um Denk- und Veränderungsprozesse anzustoßen. In Reallaboren finden Transformations- und transformative Forschung gleichzeitig statt. Transformative Forschung begleitet und unterstützt den Übergangsprozess in Richtung einer zukunftsfähigen Gesellschaft.<sup>17</sup> Reallabore können in diesem Sinne auch als Instrumente der Evaluation transdisziplinärer Forschung erfasst werden, da ersichtlich wird, ob Transformation gelingt oder scheitert.<sup>18</sup> Übergeordnetes Ziel ist es, sozialökologische Herausforderungen und mögliche Veränderungsprozessen besser zu verstehen und zu erkennen und gemeinsam mit Beteiligten vor Ort, Maßnahmen und Lösungen zu entwickeln und zu erproben.

#### Definition nachhaltige Entwicklung

Der Ursprung des Nachhaltigkeitsgedankens geht auf die Forstwirtschaft des 18. Jahrhunderts zurück. Demnach sollten Rodungen im Einklang mit dem natürlichen Regenerationszyklus des Waldes stehen.<sup>19</sup> Als zentrale Definition wird jene der Brundtland-Kommission aus dem Jahr 1987 angesehen. Im gleichnamigen Bericht wurde festgehalten, dass Nachhaltigkeit als Prinzip der intra- und intergenerativen Gerechtigkeit zu verstehen ist und es eine Entwicklung sei, welche „[...] die Bedürfnisse und Lebensgrundlage der Gegenwart befriedigt und sichert, [...] ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können“.<sup>20</sup> Um eine intakte Umwelt und gleiche Lebenschancen sowohl heutiger als auch künftiger Generationen zu gewährleisten, sollten ökologische, ökonomische und soziale Aspekte gleichermaßen berücksichtigt werden. Der jüngste und aktuell relevanteste Beschluss im Rahmen der nachhaltigen Entwicklung ist die Agenda 2030 mit den 17 Nachhaltigkeitszielen, welche 2015 von den Vereinten Nationen verabschiedet wurde (siehe Abb. 2). Diese Ziele sollten bis zum Jahr 2030 weltweit erreicht werden.



Abbildung 2: Die 17 globalen Ziele für nachhaltige Entwicklung (Vereinte Nationen, 2015)

Box 3: Definition nachhaltige Entwicklung



### 1.3. Forschungs- und transferorientierte Aktivitäten im und am Reallabor

Im Rahmen des Projektes wurden vonseiten der wissenschaftlichen Partner eine Reihe von Erhebungen und Analysen durchgeführt.

#### Aktivitäten des Centers for Advanced Studies von Eurac Research:

- **Analyse des transdisziplinären Forschungsprozesses:** Analyse des gesamten Forschungsprozesses mittels teilnehmender Beobachtung<sup>21</sup>, regelmäßige Durchführung von Befragungen<sup>22</sup> im Projektteam, projektinterner Reflexion über die transdisziplinäre Zusammenarbeit und Evaluation des Projektes entlang bestimmter Kriterien.<sup>23</sup>
- **Planung, Durchführung und Analyse diverser Reallaborexperimente, Workshops, Unternehmensabende und anderer Diskussionsformate:** Erhebung von Daten und Sammlung von Praxiserfahrungen im Bereich des Bauens und Wohnens sowie zur Rolle von Unternehmen in der sozialökologischen Transformation.
- **Erhebung und Analyse der Einstellung gegenüber Nachhaltigkeit und des Umweltbewusstseins von Besucherinnen und Besuchern des Tiny FOP MOBs:** Ermittlung von Einstellungen, Sichtweisen und Meinungen mithilfe von Fragebögen oder Feedbacksheets.<sup>24</sup>



# 2.

## Die Realisierung des Reallabors Tiny FOP MOB

### Aktivitäten des Instituts für Erneuerbare Energie von Eurac Research:

- **Testphase im Facade System Interactions Lab:** Vergleich zwischen Holzfaser- und Hanfziegelwand in semi-kontrollierter Umgebung zur Optimierung von Materialien, Verbindungen und Installationsmethoden.<sup>25</sup>
- **Evaluierung des Komforts:** Bewertung der Luftqualität und des thermohygomtrischen Komforts im Inneren des Prototyps durch Überwachung der inneren und äußeren Umweltbedingungen sowie Erhebung der subjektiven Nutzerbewertung mittels Fragebogen.<sup>26</sup>
- **Energie- und Komfortanalyse:** Ausdehnung der Analyse des Energieverbrauchs und des Komforts auf verschiedene Klimazonen durch dynamische Simulationen.<sup>27</sup>

### Aktivitäten der Fakultät für Naturwissenschaften und Technik der Freien Universität Bozen

- **Experimentelle Tests der Wahrnehmung:** Blickerfassung mittels Virtual-Reality-Brille im Reallabor und anschließender Fragebogen zur Analyse der Wahrnehmung des *Tiny FOP MOB*s von Besucherinnen und Besuchern.<sup>28</sup>
- **Analyse der wirtschaftlichen Nachhaltigkeit des Reallabors:** Bewertung des *Tiny FOP MOB*s in Bezug auf Kreislaufwirtschaft und Wirtschaftlichkeit (Realisierbarkeit und Vermarktung des Produkts) sowie Ableitung möglicher Maßnahmen.<sup>29</sup>
- **Lebenszyklusanalyse (LCA-Analyse):** Erfassung von Daten und Erstellung einer Ökobilanz für das *Tiny FOP MOB*.<sup>30</sup>



## Die Realisierung des Reallabors Tiny FOP MOB

In einem Projekt an der Schnittstelle zwischen Forschung, Unternehmertum und Zivilbevölkerung, mit dem Ziel der nachhaltigen Entwicklung, sind der Standort und die Räumlichkeit eines Reallabors zentral. Der Standort fungiert in einem solchen Fall als Treffpunkt, als Ort des Suchens, des Lernens und des Experimentierens. Neben dem Standort bestimmt auch die Räumlichkeit das Interesse der Bevölkerung sowie die Qualität der gemeinschaftlich erarbeiteten Inhalte und Lösungsvorschläge mit. Durch die Präsenz des Reallabors in unterschiedlichen Gemeinden wurden nicht nur Themen des nachhaltigen Bauens und Wohnens zugänglich gemacht, sondern ebenso das Projekt per se und die Forschungsarbeit. Die Menschen konnten Teil davon werden.

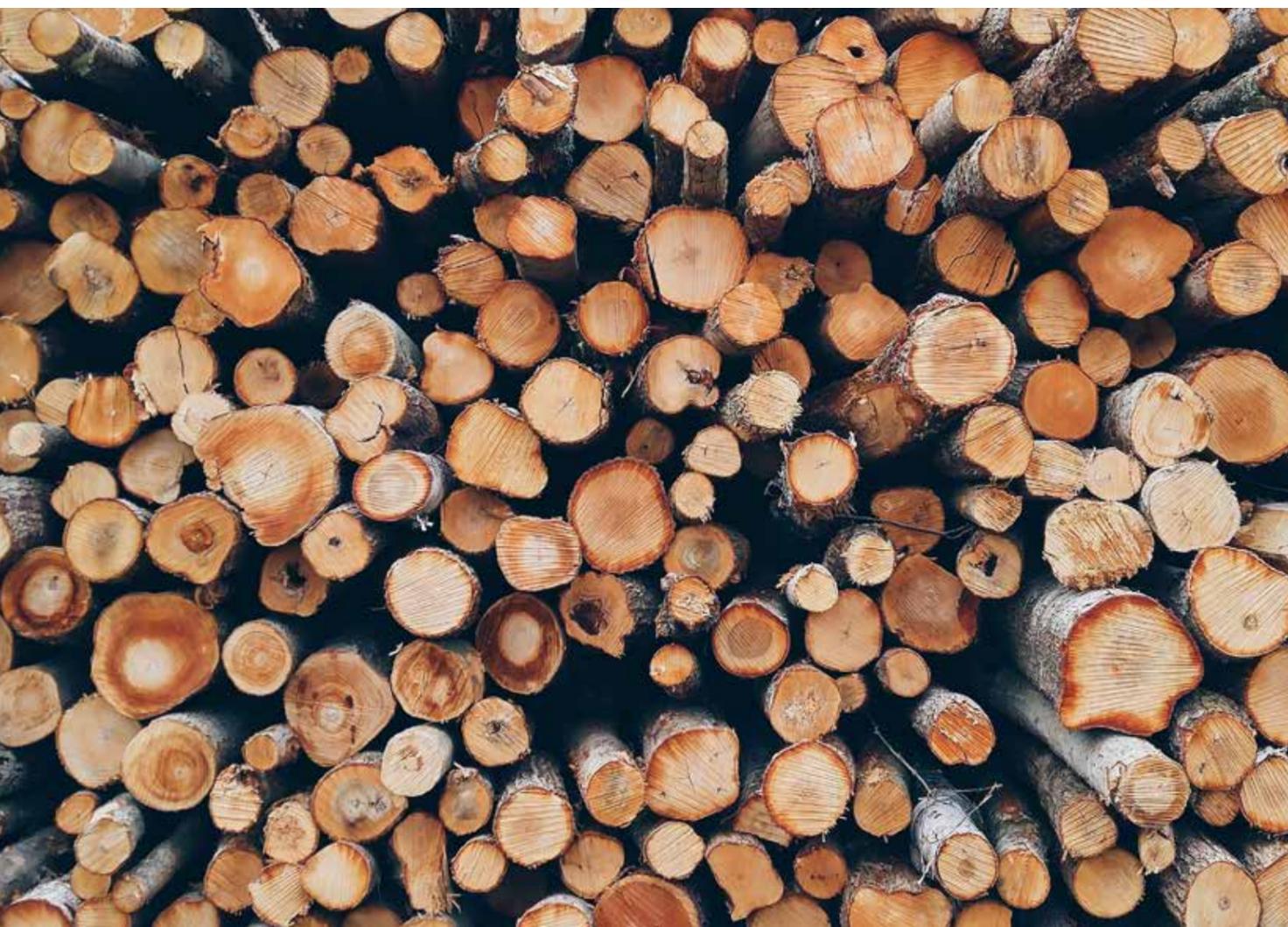
Die Planung und Realisierung des Prototyps und Reallabors *Tiny FOP MOB* führten die Unternehmen Habicher Holzbau GmbH und Schönthaler Bausteinwerk GmbH durch. Der Bauprozess, von der ersten Skizze bis hin zur Realisierung der Räumlichkeit, also dauerte etwa sechs Monate. In dieser Zeitspanne fanden zahlreiche konzeptionelle Sitzungen und Experimente mit den Materialien Hanf und Holz statt. Ziel war es, durch die Kombination von Hanf und Holz einen Wandaufbau zu testen bzw. zu realisieren, der aus rein natürlichen Rohstoffen besteht. Schließlich wurde, ausgehend von dieser Produktinnovation, ein Prototyp auf Rädern gebaut. Das *Tiny FOP MOB* verkörpert somit einen aus natürlichen Materialien bestehenden, CO<sub>2</sub>-negativen, kleinflächigen Raum auf Rädern, der im Projekt Anwendung als Reallabor fand.





## 2.2 Die Materialauswahl

Bei der Realisierung des Prototypen *Tiny FOP MOB* wurde darauf geachtet, welche Materialien zum Einsatz kommen. Bei jedem einzelnen Rohstoff wurde ein Augenmerk darauf gerichtet, wie und wo die verwendeten Rohstoffe gewonnen wurden und ob es – bei Berücksichtigung möglichst vieler Nachhaltigkeitsaspekte und in Absprache mit den Partnern aus der Wissenschaft – die nachhaltigste, zum Zeitpunkt der Bestellung verfügbare Auswahl war. Die Grundbaustoffe waren, wie bereits erwähnt, Holz und Hanf. Holz – entweder Fichte, Lärche oder Zirm – für die Realisierung der Wandskelette, des Bodenaufbaus, des Dachaufbaus, der Rauschalung, der Schalung der Außenwände, des Bodens, der Sichtschalung der Decke und der Möbel. Hanf als Grundrohstoff wurde für die Herstellung der Ziegel, des Mörtels, des Grund- und Feinputzes, die Dämmplatten und die Trittschalldämmung verwendet (Informationen zu den Baumaterialien Hanf und Holz siehe Box 4 & 5). Außerdem kamen noch andere Materialien, wie etwa eine Dampfbremse und ein verzinktes Stahlblech zum Einsatz, um die Realisierung und zweckgerechte Nutzung des mobilen Reallabors bei unterschiedlichen Temperaturen und Witterungsverhältnissen zu ermöglichen (nähere Infos zu den einzelnen Materialien im Appendix).





### INFORMATIONEN ZUM BAUMATERIAL HANF<sup>31</sup>

Die CO<sub>2</sub>-speichernde und schnellwachsende Hanfpflanze ist eine der ältesten Nutzpflanzen der Welt. Bereits vor etwa 12.000 Jahren wurde sie im asiatischen Raum eingesetzt, bevor sie nach Europa und Amerika exportiert wurde. Aus Hanf wurden Textilien, Papier, Lebensmittel, Arzneimittel und andere Produkte hergestellt. Nachdem der Anbau der Hanfpflanze lange Zeit verboten war, feiert sie seit einigen Jahren ein Comeback. Sie wird wiederum im Bereich der Medizin, Nahrungsmittelherstellung und nicht zuletzt auch in der Bauwirtschaft eingesetzt. Je nach Sorte können verschiedenste Bestandteile der Pflanze (Samen, Blätter, Blüten, Fasern und Hanfschäben) verwertet werden. Die Hanfpflanze gilt als schädlingsresistent und pflegeleicht. Außerdem braucht sie vergleichsweise wenig Wasser.

#### Die Vorteile von Hanf als Baustoff:

- Die Hanfpflanze wächst etwa 50-mal schneller als ein Baum.
- Die Hanf-Kalk-Mischung wird hart wie Stein, ist beständig gegenüber äußeren Einflüssen und daher langlebig und resistent.
- Der Hanfziegel ist CO<sub>2</sub>-negativ, er speichert 90 Prozent mehr CO<sub>2</sub> als während der gesamten Produktion entsteht.
- Der Hanfziegel ist wärmedämmend und wärmespeichernd und dadurch sehr energieeffizient.
- Hanfschäben können in einer Minute das Vierfache ihres Eigengewichtes an Wasser aufnehmen, sie sind daher feuchtigkeitsregulierend und diffusionsoffen und wirken sich positiv auf das Wohnklima aus.
- Die Hanf-Kalk-Mischung ist schalldämmend und wirkt sich somit positiv auf die Raumakustik aus.
- Die Hanf-Kalk-Mischung ist wasser- und insektenresistent sowie brandsicher.
- Der Hanfziegel besteht aus natürlichen Materialien, welche recycelt und wiederverwendet werden können.

*Hinweise zur Verwendung von Hanfprodukten bei der Realisierung des Tiny FOP MOBs siehe Appendix.*

Box 4: Informationen zum Baumaterial Hanf



### INFORMATIONEN ZUM BAUMATERIAL HOLZ<sup>32</sup>

Der nachwachsende und vielseitig einsetzbare Rohstoff Holz gehört zu den ältesten Rohstoffen der Geschichte und wird etwa im Bausektor, sowohl für die Herstellung einzelner Bauteile als auch für gesamte Konstruktionen, verwendet. Der Rohstoff leistet einen wertvollen Beitrag zum Klimaschutz, da er der Atmosphäre CO<sub>2</sub> entzieht und Sauerstoff freisetzt. Das CO<sub>2</sub> wird in Form von Kohlenstoff gespeichert und bleibt in den Holzprodukten über die gesamte Nutzungsdauer gebunden. Am Ende des Lebenszyklus eines Produktes kann Holz zur Energiegewinnung eingesetzt werden.

In Südtirol ist rund 50 Prozent der Landesfläche mit Wäldern bedeckt, in denen 105 Millionen Kubikmeter an Holz wachsen – das entspricht etwa dem Volumen von 40 Cheops-Pyramiden. Die jährlich gerodete Holzmenge in Südtirols Wäldern ist dabei nur halb so hoch wie die Menge des jährlichen Zuwachses.

#### Die Vorteile von Holz als Baustoff:

- Holz ist ein nachwachsender und daher umweltfreundlicher Baustoff.
- Holz hat eine geringe Wärmeleitfähigkeit und bietet somit einen natürlichen Dämm- und Wärmeschutz (15-mal besser als Beton und 400-mal besser als Stahl), was Energieeinsparungen beim Bauen und Wohnen ermöglicht.
- Holz kann die Luftfeuchtigkeit natürlich regeln: Die aufgenommene bzw. abgegebene Feuchtigkeit sorgt für ein angenehmes Raumklima.
- Holz kann sich im Brandfall durch die Bildung einer Holzkohleschicht selbst schützen und verhindert so ein Vordringen der hohen Temperaturen bis zum Kern und ein Einstürzen der Holzkonstruktion.
- Holz hat eine hohe Tragfähigkeit.
- Wandkonstruktionen aus Holz sind leichter und schlanker als Konstruktionen aus anderen Baumaterialien, wodurch die effektive Wohnnutzfläche eines Hauses bis zu zehn Prozent größer sein kann.
- Holz kann als Baustoff leicht wiederverwendet werden.
- Holzprodukte können nach Nutzungsende als erneuerbare Energiequelle verwendet werden; bei der Verbrennung wird nur ca. so viel CO<sub>2</sub> abgegeben, wie das Holz vorher durch sein Wachstum der Atmosphäre entzogen hat.

*Hinweise zur Verwendung von Holz bei der Realisierung des Tiny FOP MOBs siehe Appendix.*

Box 5: Informationen zum Baumaterial Holz

# 3.

## Die Aktivitäten des Reallabors *Tiny FOP MOB*



## Die Aktivitäten des Reallabors Tiny FOP MOB

Es braucht eine nachhaltige Umgestaltung von Gesellschaft und Wirtschaft durch Dekarbonisierung, mehr Klimaschutz, das Pflegen einer Kultur der Achtsamkeit und Vorsorge sowie Kooperationen auf lokaler und globaler Ebene. Dieser Umbau hat viele Dimensionen: eine technische, ökonomische, politisch-institutionelle, aber vor allem auch eine kulturelle Dimension. Nachhaltigkeit funktioniert nur dann, wenn neben dem Entwickeln von technologischen Lösungen, alte Strukturen hinterfragt und Denk- und Handlungsmuster aufgebrochen werden. Doch wo kann konkret angesetzt werden? Uwe Schneidewind etwa spricht von sieben Arenen oder Wendepunkten: Konsum, Energie, Ressourcen, Mobilität, Ernährung, Städtebau, Industrie.<sup>33</sup>

Bauen und Wohnen betrifft gleich mehrere dieser Arenen. Wie viel Fläche verbraucht ein Mensch durchschnittlich? Mit welchen Materialien wird vorwiegend gebaut? Welche Energiequellen werden angezapft? Wie viel CO<sub>2</sub> wird durch Bauen und Wohnen pro Kopf emittiert? Wie nachhaltig gestalten sich Lieferketten? Und schließlich die übergeordnete Frage, wie kann Bauen und Wohnen nachhaltiger gestaltet werden? Ein zentrales Vorhaben des Forschungsprojektes bestand darin, gemeinsam mit Unternehmen, Expertinnen und Experten sowie interessierten Bürgerinnen und Bürgern diese und weitere Fragestellungen rund um die Thematik des nachhaltigen Bauens und Wohnens zu diskutieren.

Auf der Reise des mobilen Reallabors *Tiny FOP MOB* durch den Vinschgau, im Zeitraum Juli 2021 bis Juni 2022, wurden zahlreiche Experimente und Erhebungen durchgeführt, Workshops abgehalten, Unternehmensabende und andere Diskussionsformate geboten. Eine Zusammenfassung der gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse werden in den folgenden Unterkapiteln dargelegt.

## Die Pilotregion Vinschgau

Der Vinschgau (Steckbrief zum Vinschgau siehe Abb. 5) wurde vor allem aus zwei Gründen als Projektregion für das Forschungsvorhaben ausgewählt: Zum einen weist die Region eine hohe Anzahl an bürgernahen Initiativen und innovativen Projekten auf, vorangetrieben von engagierten und visionären Menschen. Nachhaltige Entwicklung ist seit Jahrzehnten ein zentrales Thema, welches von diversen Organisationen, Vereinen, Unternehmen und Personen aus der Region auf unterschiedlichste Art und Weise behandelt wird. Zum anderen wurde der Vinschgau als Projektregion ausgewählt, da die zwei beteiligten Unternehmen dort angesiedelt sind (Eysrs und St. Valentin auf der Haide).

Im Dialog mit verschiedenen Interessensvertretungen und Personen aus der Region sowie in Abstimmung mit den Projektpartnern wurden zu Beginn des Projektes fünf Pilotgemeinden festgelegt, in denen das Reallabor *Tiny FOP MOB* Halt machen sollte. Dabei wurden Aspekte wie etwa die Einwohneranzahl, die Wirtschaftsstruktur, die Größe der Handwerkerzone und das Vorhandensein von möglichen Kooperationspartnern und -projekten berücksichtigt. Ziel war es, so viele Menschen wie möglich zu erreichen und unter Berücksichtigung der räumlichen Abstände zwischen den Gemeinden den gesamten Vinschgau abzudecken.

Die Auswahl ist schließlich auf die Gemeinden Graun im Vinschgau, Mals im Vinschgau, Prad am Stilfserjoch, Schlanders und Latsch gefallen. Das Reallabor hat in diesen fünf Gemeinden jeweils rund zwei Wochen Halt gemacht (siehe Abb. 6).



Abbildung 5: Steckbrief Vinschgau



Abbildung 6: Die Reise des *Tiny FOP MOB*s durch den Vinschgau (Eurac Research)



### 3.1 Die Diskussion rund ums Thema Bauen und Wohnen auf einen Blick

Auf der Reise des Reallabors durch den Vinschgau wurden diverse Themen entlang des sogenannten nachhaltigen Gebäudelebenszyklus<sup>35</sup> diskutiert. Ein nachhaltiger Gebäudelebenszyklus umfasst alle Phasen, die ein Gebäude von der Rohstoffbeschaffung bis hin zum Abbruch, zur Entsorgung oder dem Recycling durchläuft. Er lässt sich in fünf Phasen unterteilen: 1) Rohstoffgewinnung (Schlanders), 2) Planungsphase (Latsch), 3) Bauphase (Graun im Vinschgau), 4) Nutzung, Umnutzung, Modernisierung und Instandhaltung (Prad am Stilfserjoch) und 5) Rückbau, Wiederverwendung oder Abbruch (Mals im Vinschgau). Die Ergebnisse der Vorträge und Diskussionen sind im folgenden Abschnitt nach Gebäudelebenszyklusphase und Gemeinde zusammengefasst. Basierend darauf wurden zehn Maßnahmen für ein nachhaltiges Bauen und Wohnen definiert (siehe Box 6).

#### PHASE 1: ROHSTOFFGEWINNUNG IM 21. JAHRHUNDERT Schlanders

##### Eröffnungsveranstaltung: Das Tiny FOP MOB – Ein rollendes Reallabor für eine nachhaltige Zukunft

Mit: Oliver Parodi, Leiter der Forschungsgruppe Nachhaltigkeit und gesellschaftliche Transformation, Karlsruher Institut für Technologie und Tobias Luthe, Nachhaltigkeitsforscher, ETH Zürich

##### Unternehmenstalk: Holz und Hanf im Fokus: Wie abhängig sind wir von globalen Lieferketten?

Mit: Werner Schönthaler, Schönthaler Bausteinwerk GmbH und Florian Erlacher, IDM Südtirol Wood & Construction Innovation

##### Öffentliche Veranstaltung: Ein ungleiches Spiel: Woher kommen unsere Rohstoffe?

Mit: Guido Orzes, Professor für Wirtschaftsingenieurwesen, Freie Universität Bozen und Philipp C. Sauer, Wissenschaftler für Wirtschaftsingenieurwesen, Freie Universität Bozen

Spätestens der Ausbruch der Covid-19-Pandemie im Jahr 2020 oder des Krieges zwischen der Ukraine und Russland im Jahr 2022 verdeutlichte, wie verwoben das globale Wirtschaftssystem und wie abhängig etwa Südtirol von Ländern wie China oder Russland ist. In diesem Zusammenhang stellen sich folgende Fragen: Woher kommen unsere Rohstoffe? Wie lässt sich die Abhängigkeit von globalen Lieferketten reduzieren? Wie (nicht) nachhaltig – im ökonomischen, ökologischen und sozialen Sinne – sind gegenwärtige Produktions- und Konsummuster?

Etwa 50 Prozent der Fläche Südtirols ist bewaldet<sup>36</sup>, was annehmen lässt, dass die Provinz ein großes Potenzial in der Holzwirtschaft hat. Dennoch wird der Großteil an Bauholz importiert. Umgekehrt hat es Südtirol mit unzähligen Produkten wie etwa Maschinen und Anlagen, Nahrungsmittel und Getränke, Metallproduktion und elektronische Geräte, geschafft, sich erfolgreich am Weltmarkt zu positionieren. Neben den vielen Vorteilen werden zunehmend auch diverse Nachteile dieses global verwobenen Wirtschaftssystems deutlich, wie etwa die Exportabhängigkeit, der erhöhte Preisdruck oder die zunehmende Konkurrenz. Auch nehmen die Ansprüche im Hinblick auf Preis und Qualität von Kundenseite zu. Hinzu kommt, dass globale Lieferketten zunehmend unter Druck geraten, wenn sie gegen internationale Nachhaltigkeitsstandards verstoßen.

Auch wenn die Bereitschaft vorhanden wäre, lokal produziertes Holz zu kaufen, selbst wenn es sich nicht um makellostes und gar etwas teureres Holz handelt, so mangelt es trotzdem an der schnellen und unkomplizierten Verfügbarkeit. Um in Zukunft den Einsatz nachhaltiger Rohstoffe zu fördern, ist neben der Schaffung von lokalen Wirtschaftskreisläufen außerdem eine genaue Kostenkalkulation unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus des Produkts unabdingbar. Weiters sollten Nachhaltigkeitsaspekte bei der Vergabe von Förderungen oder Beiträgen stärker berücksichtigt werden. Um an dieser Stelle voranzukommen, braucht es viel Forschungsarbeit und Druck auf die Gesetzgebung. Was die Konsumentin oder der Konsument jetzt unmittelbar machen kann, ist, sich darüber zu informieren, woher die einzelnen Komponenten eines Produktes herkommen und unter welchen Bedingungen es hergestellt wurde. Zertifikate können helfen, sich besser zu orientieren.

#### PHASE 2: VON DER PLANUNG ZUR REALISIERUNG Latsch

##### Eröffnungsveranstaltung: Klimawandel und Architektur: Welche Rolle spielt die Planung?

Mit: Wolfgang Thaler, freiberuflicher Architekt und Präsident der Kammer der Architekten, Raumplaner, Landschaftsplaner und Denkmalpfleger, Autonome Provinz Bozen

##### Öffentliche Veranstaltung: Gesund wohnen: Was hat Wohnen mit meiner Gesundheit zu tun?

Mit: Francesco Babich und Ingrid Demanega, Forschende am Institut für Erneuerbare Energie, Eurac Research und Margit Schäfer, Lektorin, Fachhochschulen für Nonprofit-, Sozial- und Gesundheitsmanagement und Aufsichtsrätin, Neue Heimat Tirol

##### Unternehmenstalk: Ganzheitlich planen: Wie lassen sich ökonomische, ökologische und soziale Nachhaltigkeit vereinen?

Mit: Herbert Niederfriniger, Gründer und Geschäftsführer von holzius GmbH und Martin Haller, Präsident des Ivh



Die Planungsphase ist im Normalfall der erste Moment, in dem eine interessierte Person mit Fachpersonal – meist jenes von Planungsbüros - in Kontakt tritt. Es geht in diesem Austausch in der Regel um erste grundlegende Überlegungen zum Bauvorhaben selbst, wie etwa zur Raumaufteilung oder der Funktionalität. An dieser Stelle sollte in Zukunft verstärkt angesetzt werden, denn die Planung kann beim Abwägen ökonomischer, ökologischer und sozialer Nachhaltigkeitsaspekte und der Realisierung von umweltfreundlichen und gesunden Räumen eine sehr zentrale Rolle spielen.

In der Planungsphase werden in der Regel die Gestaltung, die Realisierung und die Nutzung sowie die Einbettung eines Gebäudes in sein lokales Umfeld reflektiert. Idealerweise werden an dieser Stelle auch erste Überlegungen zu zukünftigen Umnutzungsmöglichkeiten und zur Entsorgung bzw. der Recycle-Fähigkeit des Gebäudes angestellt. Im besten Fall werden also auch Fragen aufgegriffen, die etwa den Lebensstil und die Bedürfnisse der zukünftigen Bewohnerinnen und Bewohner oder Nutzerinnen und Nutzer, die Charaktereigenschaften der eingesetzten Materialien oder die Energie- und Ressourceneffizienz betreffen. So sollte bereits in der Planungsphase verstärkt über gesundes Wohnen und die Umweltqualität eines Innenraumes nachgedacht werden, insbesondere bei Asthma, Allergien oder anderen Unverträglichkeiten.

Menschliche Bedürfnisse in Bezug auf das Wohnen ändern sich über die Zeit, genauso wie Arbeitsgewohnheiten und Familienstrukturen. Während es noch vor zwei Generationen viel mehr Großfamilien (Familien mit mehr als fünf Personen) gab, hat die Anzahl der Einzel- oder Zweipersonenhaushalte in den letzten Jahren stark zugenommen. Die Nutzung und Bedeutung von Wohn- und Freiraum haben sich spätestens seit Ausbruch der Covid-19-Pandemie im Jahr 2020 merklich verändert. Zusammenfassend, es ist also wichtig, bereits in der Planungsphase eng mit der Kundschaft zusammenzuarbeiten. Die Planerinnen und Planer sind oftmals die ersten Kontaktpersonen von zukünftigen Bauherrin oder Bauherren, weshalb insbesondere auch sie sensibel für nachhaltigkeitsrelevante Fragestellungen sein sollten.

### PHASE 3: **DAS BAUEN UND WOHNEN DER ZUKUNFT** **Graun im Vinschgau**

#### **Eröffnungsveranstaltung: Die Wirtschaft im Wandel: Wie wir wirtschaften ist nicht egal**

Mit: Harald Pechlaner, Leiter des Centers for Advanced Studies, Eurac Research

#### **Unternehmenstalk: Zwischen Tagesgeschäft und Zukunftsvorstellungen: Wie verändert Digitalisierung das Handwerk?**

Mit: Markus Habicher und Thomas Habicher, Geschäftsführer von Habicher Holzbau GmbH und Virginia Maria Tanzer, Direktorin der Landesberufsschule Schlanders

#### **Öffentliche Veranstaltung: Die Zukunft unserer Dörfer: Wie wohnen wir morgen?**

Mit: André Mallossek, Koordinator der Plattform Land und Margareta Schwarz, freiberufliche Architektin

Rund 36 Prozent des globalen Energieverbrauchs und knapp 40 Prozent der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen sind auf die Baubranche zurückzuführen.<sup>37</sup> Außerdem werden über 50 Prozent der Abfälle durch das Baugewerbe produziert.<sup>38</sup> Die durchschnittliche Nutzungsdauer von neueren Wohngebäuden ist rückläufig und beträgt lediglich 40-50 Jahre.<sup>39</sup> Danach landet der Bauschutt meist auf dem Restmüll, weil die Materialien entweder nicht mehr getrennt werden können oder es zu aufwendig wäre, dies zu tun. Somit steht fest, dass die Baubranche einer der Hauptverantwortlichen der Klimaproblematik ist.

Wo kann angesetzt werden, um den ökologischen Fußabdruck der Baubranche zu verkleinern? Der wohl bedeutendste Lösungsansatz bestünde darin, vermehrt auf natürliche, schnell nachwachsende, wiederverwertbare und bestenfalls CO<sub>2</sub>-speichernde Materialien, wie etwa Hanf oder Holz, aber auch Stroh, Lehm und Kalk zurückzugreifen. Umweltschädliche, d.h. nicht abbaubare und nicht recycelbare Rohstoffe, die gegenwärtig bei der Konstruktion oder Renovierung von Gebäuden eingesetzt werden, müssen oftmals als Restmüll entsorgt werden. Ein zweiter Lösungsansatz zielt auf die Reduktion des Flächenverbrauchs und somit die Realisierung alternativer Wohnkonzepte ab. Insbesondere für Regionen mit einem geringen Dauersiedlungsraum – in Südtirol sind es lediglich etwas mehr als fünf Prozent<sup>40</sup> – ist es wichtig, konstruktiv und zukunftsgerichtet über den Umgang mit dieser begrenzten Ressource zu diskutieren. In die Höhe anstatt in die Breite zu bauen und über die Bedürfnisse gegenwärtiger und zukünftiger Generationen im Hinblick auf Wohn- und Arbeitsraumgestaltung nachzudenken, können mögliche Ansätze sein. Ein weiterer Punkt betrifft die Wichtigkeit, das Bauvorhaben nicht nur als individuelle Entscheidung bzw. persönliches Projekt durchzusetzen, sondern es stattdessen als Eingriff in die Gemeinschaft und das lokale Umfeld wahrzunehmen. Pläne hinsichtlich des Bauens und Wohnens ziehen auch Überlegungen mit sich, die etwa die Gestaltung und Nutzung von Gemeinschaftsorten, Freiräumen, Dorfkernen sowie die Bereitstellung und Instandhaltung von Infrastrukturen betreffen.

Es sind also nicht nur die Bauherrinnen und Bauherren gefragt, sondern genauso die Unternehmen, die Planungsbüros, aber auch die Politik, welche die Regelwerke festlegt. Forschung und Entwicklung sind wichtig, um an nachhaltigen Lösungen zu arbeiten.

### PHASE 4: **NUTZUNG, UMNUTZUNG UND MODERNISIERUNG** **Prad am Stilfserjoch**

#### **Eröffnungsveranstaltung: Wohnen als Gesellschaftsprojekt: Perspektiven für den ländlichen Raum**

Mit: Andreas Koch, Leiter der Arbeitsgruppe Sozialgeographie, Universität Salzburg und Co-Leiter am Zentrum für Ethik und Armutsforschung

#### **Unternehmenstalk: Nutzung, Umnutzung, Modernisierung: In welche Richtung entwickelt sich der Wohnungsmarkt?**

Mit: Norbert Lantschner, Erd-Charta-Botschafter und Leonhard Resch, Referatsleiter der Arche im KVV

#### **Öffentliche Veranstaltung: Zukunftsfähige Räume: Wie wollen wir leben und arbeiten? Gesellschaftsspiel "Convivial" für Jugendliche**

Mit: Lea Luzzi, Projektmanagerin bei ZebraLog GmbH in Berlin

Die Nutzungsdauer eines Gebäudes hat über die vergangenen Jahrzehnte drastisch abgenommen. Ebenso hat sich die Nutzung an sich verändert. Während sich die durchschnittliche Gesamtfläche pro Wohnung in Südtirol kaum verringert hat (von 90 Quadratmeter im Jahr 2001 auf 88 Quadratmeter im Jahr 2014), stieg die Wohnfläche pro Person im selben Zeitraum stark an, von 34 Quadratmeter im Jahr 2001 auf über 47 Quadratmeter im Jahr 2014.<sup>41</sup> Dies ist unter an-

derem auf die steigende Anzahl der Einzel- und Zweipersonenhaushalte und der abnehmenden Familiengröße zurückzuführen. So entsprach die durchschnittliche Haushaltsgröße Südtirols im Jahr 2011 2,4 Personen, während es 1991 noch drei Personen waren.<sup>42</sup> Zudem steigen die Preise für Wohnraum und -fläche konstant an. Diese Preissteigerung ist zum einen der erhöhten Nachfrage geschuldet, zum anderen lässt sich jedoch generell ein allgemeiner Preiserhöhungstrend (Grundstücke, Baukosten, Rohstoffe) verzeichnen. Auch haben die Spekulationen und Wirtschaftstätigkeiten mit Wohnraum drastisch zugenommen und die Unternehmen, die den Wohnungsmarkt beherrschen, werden immer weniger und haben somit einen größeren Einfluss auf die Marktentwicklung. Hinzu kommt der wachsende Anteil an Kurzzeitvermietungen über Plattformen wie Airbnb sowie der Anteil an Nebenwohnsitzen/Zweitwohnsitzen, die für die Region selbst wiederum eine geringe Wertschöpfung und eine ungleichmäßige saisonale und regionale Infrastrukturbelastung mit sich bringen. Insbesondere für geringverdienende Personen ist Wohnen kaum mehr leistbar, obwohl es zu den Grundbedürfnissen zählt.

Fest steht, dass es eine gezielte Dekommodifizierung und die Entwicklung und Förderung neuer Formen des nachhaltigen Bauens und Wohnens braucht: Co-Living (das Zusammenwohnen mehrerer Personen/Haushalte auf Zeit), Co-Housing (das dauerhafte Zusammenwohnen mehrerer Personen/Haushalte), Mehrgenerationenwohnen (das Zusammenwohnen mehrerer Generationen in einem Gebäude), Bauen in die Höhe anstatt in die Breite, Null-Energie-Häuser, CO<sub>2</sub>-negatives, modulares Bauen etc.

Um nachhaltige Konzepte zu entwickeln und umzusetzen, braucht es Mut vonseiten der Politik und eine verstärkte Kooperation zwischen interdisziplinären Teams, bestehend aus Planerinnen und Planern und ausführenden Unternehmen, aber zunehmend auch zwischen Praxis und Forschung, um herauszufinden, wie der Mensch von morgen wohnen (und arbeiten) möchte und kann, immer unter Berücksichtigung diverser Nachhaltigkeitsaspekte. Es geht nicht nur um die Frage, wie wir günstig und nachhaltig bauen und sanieren, sondern verstärkt auch darum, wie Menschen zusammenleben, wie Dorfkerne und öffentliche Plätze belebt, lokale Nahversorgung sichergestellt und neue Formen des Arbeitens gefördert werden können.

#### PHASE 5: RESTAURIERUNG VS. NEUBAU Mals im Vinschgau

##### Eröffnungsveranstaltung: Weniger ist mehr: Wege aus der Konsumgesellschaft

Mit: Valentina Aversano-Dearborn, Mitbegründerin und Co-Direktorin der Bildungsorganisation ViA: Forum für nachhaltige Visionen in Aktion

##### Unternehmenstalk: Upcycling und Recycling: Welche Lösungen gibt es?

Mit: Armin Windegger, Windegger Group und Giulio Angelucci, Direktor des Amts für Abfallwirtschaft, Autonome Provinz Bozen-Südtirol

##### Geführte Wanderung: Gelungene Projekte: Wie ergänzen sich Tradition und Moderne?

Gemeinsame Wanderung mit: Jürgen Wallnöfer, freiberuflicher Architekt

##### Umwelt Workshop für Kinder und Jugendliche: Wertvolle Abfälle – vom Recycling zum Upcycling

Mit: Elisabeth Locher, Projektmanagerin beim Ökoinstitut Südtirol



Die letzte Phase des nachhaltigen Gebäudelebenszyklus ist entscheidend, weil es darum geht, ob ein Gebäude abgebrochen und somit zu Abfall, oder ob es umgewidmet und restauriert wird und somit erhalten bleibt. Ist kein nachhaltiger und sinnvoller Erhalt möglich, dann entsteht Abfall, der meist, bedingt durch die konventionelle Bauweise der vergangenen Jahrzehnte, nicht mehr wiederverwendet oder zu verwerten ist. Ist hingegen ein nachhaltiger und sinnvoller Erhalt möglich, etwa aufgrund der Gebäudestruktur, des Gebäudezustands und der Bedürfnislage, dann kann daran festgehalten werden.

Zu Abfall zählt man laut Amt für Abfallwirtschaft alle Stoffe oder Gegenstände, derer sich ihre Besitzerin oder ihr Besitzer aus verschiedenen Gründen entledigt, entledigen will oder entledigen muss. Im besten Fall ist es möglich, den Abfall zu recyceln, also stofflich wiederverwerten. Bei diesem Verfahren werden bestimmte Stoffe bzw. Abfälle getrennt gesammelt, sortiert, aufbereitet und als Sekundärrohstoffe oder -produkte wieder in den Wirtschaftskreislauf geführt. Können Abfälle nicht mehr stofflich recycelt werden, dann ist die energetische Verwertung eine weitere Option. In diesem Fall wird der Abfall in einer Müllverbrennungsanlage verbrannt und zur Energienutzung verwendet – in Form von Wärme oder Strom. Eine weitere Möglichkeit ist, dass daraus Ersatzbrennstoffe (EBS) hergestellt werden, die dann fossile Brennstoffe wie Kohle oder Öl ersetzen. Upcycling hingegen steht für die Aufwertung eines Ausgangsmaterials durch Weiterverarbeitung und „ästhetische“ Reparaturen. Dabei handelt es sich meistens um ungebrauchte, also neuwertige Restbestände einer anderen Produktion, denen ein zweites (oder drittes) Leben in Form eines neuen Produkttypen eingehaucht wird. Downcycling ist ebenfalls eine Form der Wiederverwertung von Abfall, mit dem Merkmal, dass die betroffenen Materialien durch den Weiterverarbeitungsprozess an Qualität verlieren und ein weniger wertiges Endprodukt dabei entsteht. Downcycling ist also eine Form des Recyclings, ebenso wie der Gegenpart, das sogenannte Upcycling, bei dem aus Abfall hochwertigere Endprodukte hergestellt werden.

Im Sinne der Nachhaltigkeit im Bereich Bauen und Wohnen ist es zentral, die Abfallerzeugung zu reduzieren, sei es in der Entstehung, in der Nutzung als auch zum Zeitpunkt des Abbruchs eines Gebäudes. Damit dies gelingt, sollten natürliche, trennbare und wiederverwertbare Materialien eingesetzt werden. Im Idealfall, nach dem Prinzip der Kreislaufwirtschaft, verlässt ein Produkt diesen Zyklus nicht als Abfall, sondern erfüllt immer wieder einen neuen Zweck, durch Recycling, Upcycling oder Downcycling. Insgesamt sollte bei der Auswahl bzw. beim Kauf von Produkten neben der Wiederverwertbarkeit die Lebensdauer verstärkt Berücksichtigung finden. Ratsam wäre überdies, die Abfallkosten bereits im Kaufpreis miteinzuberechnen und so einen Beitrag zur Kostenwahrheit zu leisten. So gibt es in einigen EU-Ländern bereits sogenannte Abfallpläne.

Durch die Prinzipien der Effizienz und Konsistenz ist es gelungen, über die vergangenen Jahrzehnte die sogenannte Abfallbehandlung zu verbessern, indem die Verwertungsquote und die Rückführungsquote der Abfälle in den Produktionskreislauf erhöht wurde. Für die Umwelt am besten wäre jedoch – dem Prinzip der Suffizienz folgend – neben dem Schließen von Kreisläufen, Abfall wo möglich zu vermeiden, nur jene Dinge zu konsumieren, die wirklich gebraucht werden oder Gegenstände vermehrt zu tauschen oder auszuleihen (Sharing Economy), anstatt sie zu kaufen.

#### 10 MAßNAHMEN FÜR MEHR NACHHALTIGKEIT IM BEREICH BAUEN UND WOHNEN:

- Anpassung politisch-juridischer Rahmenbedingungen (Gesetze, Vorschriften, Förderungen, Subventionen etc.) im Sinne einer 360°-nachhaltigen Entwicklung;
- Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich nachhaltiges Bauen und Wohnen;
- Förderung von gemeinschaftlichen Wohn- oder Arbeitsprojekten, um den Flächenverbrauch zu minimieren und Leerstände zu nutzen;
- Förderung innovativer Projekte im Bereich Flächennutzung, Ortskernentwicklung und Freiraum- und Grünraumgestaltung;
- Ausbezahlung von Ausgleichszahlungen für Geringverdienende für die Begleichung von Kauf- oder Mietspesen;
- Herstellung der Kostenwahrheit, indem etwa Entsorgungsspesen und Transportspesen in den Preis miteinkalkuliert werden;
- Bereitstellung von Informationen zu nachhaltigem Bauen und Wohnen (Materiallisten, Lebenszyklusanalysen etc.);
- Stärkung der Kooperation zwischen den Planerinnen und Planern, den ausführenden Unternehmen und der Kundschaft;
- Organisation von Schulungen für Handwerksunternehmen und Planungsbüros bei der Einführung neuer Produkte;
- Realisierung von Leuchtturmprojekten, etwa im Bereich Bauen und Sanieren von öffentlichen Gebäuden.

Box 6: Maßnahmen für mehr Nachhaltigkeit im Bereich Bauen und Wohnen



## 3.2. Ergebnisse aus der Befragung zum Thema Nachhaltigkeit und Umweltbewusstsein

Während der Vinschgau-Tour konnten sich Besucherinnen und Besucher des *Tiny FOP MOBs* auf freiwilliger Basis mittels Fragebogen an einer explorativen, nicht repräsentativen Befragung beteiligen (siehe Abb. 7 und 8).



Abbildung 7: Soziodemographische Daten der Befragten (Eurac Research)



ca. 20 Prozent immer relativ gering ausgeprägt; jedoch ist ein Großteil der Befragten unschlüssig: ca. ein Drittel hat sich für die Antwortmöglichkeit *teils/teils* entschieden. Zählt man die Antworten von *stimme eher nicht zu* und *stimme überhaupt nicht zu* zusammen, so ist die Ablehnung der Aussagen mit 40 bis 50 Prozent dennoch eindeutig am höchsten ausgeprägt.

Eine hohe Ablehnung erzielte die Aussage, dass Wissenschaft und Technik viele unserer Umweltprobleme lösen werden, ohne dass wir unsere Lebensweise ändern müssen: Jeweils ca. 32 Prozent stimmen dem *eher nicht* bzw. *überhaupt nicht zu*. Auf die höchsten Ablehnungswerte stieg die Aussage „Pflanzen und Tiere existieren hauptsächlich, um von den Menschen genutzt zu werden“; knapp 60 Prozent *stimmen* dem *überhaupt nicht zu* und weitere 24,3 Prozent *stimmen* dem *eher nicht zu*.

Insgesamt wird durch die Ergebnisse deutlich, dass die befragten Besucherinnen und Besucher des *Tiny FOP MOB*s ein sehr hohes Umweltbewusstsein aufweisen, da bei fast jeder Aussage die insgesamte Zustimmung zur umweltfreundlicheren Richtung höher war als jene zur umweltschädlichen Richtung. Einzige Ausnahme war die Aussage „Wir vertrauen zu sehr der Wissenschaft und der Technik und zu wenig unseren Gefühlen“, bei der hohe Uneinigkeit herrschte. Vor allem die hohe Zustimmung zu den ersten vier Aussagen und die hohe Ablehnung zur letzten Aussage zeigen, dass eine große Mehrheit der Befragten die Gefahren des Klimawandels und die Endlichkeit des ressourcenbasierten Wachstums erkennt und negative Emotionen damit verbindet. Bezüglich der Handlungsmaßnahmen und der Rolle von Wissenschaft und Technik ist die Meinung der Befragten jedoch weniger eindeutig.

### 3.3. Laborversuche mit zwei Wandaufbauten im Facade System Interactions Lab

Im Rahmen des Projektes *Tiny FOP MOB* wurden verschiedene Tests durchgeführt, um die hygrothermische Performance, die Auswirkungen einiger Materialien und technischer Lösungen auf die Innenraumluftqualität (engl. Indoor Air Quality, IAQ) zu bewerten. Die ersten Tests, welche Aspekte der Innenraumluftqualität abdeckten, wurden an zwei Wandprototypen der Partnerunternehmen Schönthaler Bausteinwerk GmbH und Habicher Holzbau GmbH im Facade System Interactions Lab (kurz MultiLab) von Eurac Research durchgeführt (siehe Abb. 10). Die zweite Testserie wurde dann direkt am Prototyp durchgeführt und konzentrierte sich auf die Bereiche Innenraumluftqualität und Innenraumqualität (engl. Indoor Environmental Quality, IEQ) im Allgemeinen. Während der Reise des *Tiny FOP MOB*s durch den Vinschgau wurden die klimatischen Bedingungen (z. B. Temperatur und CO<sub>2</sub>-Konzentration) sowohl innen als auch außen überwacht und den Besucherinnen und Besuchern des Prototyps Fragebögen zur Bewertung des empfundenen Komforts ausgehändigt, sodass sowohl eine objektive als auch eine subjektive Bewertung der Innenraumqualität vorgenommen werden konnte.



Abbildung 10: Das Facade System Interactions Lab (kurz MultiLab) von Eurac Research

Im MultiLab wurden zwei von den Partnerunternehmen gebaute Wände getestet: Eine Wand, die primär aus Holzfasern bestand und eine zweite Wand aus einer hölzernen Tragkonstruktion, ausgemauert mit Hanfziegeln. Die durchgeführten Tests dienten u.a. dazu, die Energieleistung und die Auswirkungen der beiden Wände auf die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Inneren des Testraums zu analysieren.



Abbildung 11: Fassadensensoren (links), Blower-Door-Test (Mitte), Anbringung der Sensoren für die Messung des Raumklimas (rechts)

In einer ersten Testphase wurde die Wärmedurchlässigkeit der beiden Wände gemessen. Dieser Parameter hängt vom Wärmewiderstand der verschiedenen Schichten der Wand ab. Dabei gilt, je niedriger die Wärmedurchlässigkeit, desto besser die Wärmedämmung. Eine geringe Wärmedurchlässigkeit führt zu einem geringeren Energieverbrauch, was sowohl wirtschaftliche Vorteile (geringere Heizkosten) als auch gesamtgesellschaftliche Vorteile mit sich bringt (Senkung des durch den Energieverbrauch verursachten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes). Sowohl bei der Holzfaser- als auch bei der Hanfziegelwand wurden gute Werte der Wärmedurchlässigkeit gemessen, die nah beieinander sind und bessere Werte haben, als die derzeit für eine KlimaHaus-A-Zertifizierung erforderlich sind.

In einer zweiten Phase wurden Tests durchgeführt, um den Einfluss der beiden Wände auf die Luftqualität und insbesondere auf die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Innenraum zu untersuchen. Dafür wurde zuerst eine Luftdichtheitsprüfung (Blower-Door-Test) durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Luftinfiltration (die in jedem Gebäude zumindest zu einem kleinen Teil vorhanden ist) in den beiden Räumen vergleichbar war und der einzige Unterschied somit in dem Testwandaufbau bestand. Nach Durchführung des Blower-Door-Tests wurde der Einfluss der Wände auf die CO<sub>2</sub>-Konzentration untersucht. Bei diesem Test wurde CO<sub>2</sub> in der Mitte des Raumes in einer Höhe von 1,60 Metern (Position einer stehenden Person) mit Hilfe einer Gasflasche freigesetzt, um die Anwesenheit von Personen zu simulieren. Dann wurde der zeitliche Verlauf der CO<sub>2</sub>-Konzentration im Inneren des Raumes aufgezeichnet (siehe Abb. 11). Die Holzfaserwand ist nicht in der Lage, CO<sub>2</sub> zu absorbieren und wurde daher als Referenz für den Vergleich mit der Hanfwand herangezogen. Diese ist im Gegensatz laut Literatur dazu fähig, CO<sub>2</sub> zu absorbieren.

Beim CO<sub>2</sub>-Test im MultiLab wurde kein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Wänden festgestellt, was bedeutet, dass ihre Auswirkungen auf die CO<sub>2</sub>-Werte wahrscheinlich sehr ähnlich waren. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass die Hauptursache für den Rückgang der CO<sub>2</sub>-Werte die Luftinfiltration im Testraum war. Mit anderen Worten erklärt: Da die Luftinfiltrationsrate im MultiLab höher ist als in einem neu errichteten Gebäude, ist die CO<sub>2</sub>-Absorptionsrate der Hanfziegelwand im Vergleich zum Effekt der Infiltration nicht nachweisbar. In weniger luftdichten Gebäuden, gekennzeichnet durch eine höhere Infiltrationsrate, hat das Absorptionsvermögen von Hanf daher möglicherweise keinen nennenswerten Einfluss auf den CO<sub>2</sub>-Gehalt im Inneren. Außerdem ist zu beachten, dass nur eine Wand des Labors mit Hanfziegeln ausgemauert war, während die übrigen fünf inneren Oberflächen (drei Wände, der Boden und die Decke)

die des Labors waren. Somit hatten nur etwa zehn Prozent der Innenfläche die Fähigkeit, CO<sub>2</sub> zu absorbieren; ein höherer Prozentsatz (etwa wenn ein ganzes Haus aus diesem Material gebaut wäre) könnte zu anderen Ergebnissen führen. Es ist daher anzunehmen, dass die Absorptionswirkung in einem luftdichten Gebäude mit einer größeren Absorptionsfläche größer ist als das Luftvolumen.

### 3.4. Messungen am *Tiny FOP MOB*

Die Tests zur Auswirkung von Hanf auf den CO<sub>2</sub>-Gehalt im Innenraum wurden im *Tiny FOP MOB* fortgesetzt. Das mobile Reallabor besteht überwiegend aus Hanf und Holz. Die dort vorherrschenden Testbedingungen für die Analysen des Wandaufbaus waren realen Bedingungen ähnlicher als jene der Tests im Lab.

Die Messungen bei diesem Test wurden mit zwei von Eurac Research entwickelten Multi-Parameter-Geräten namens EQ-OX (Environmental Quality - bOX) (siehe Abb. 12) durchgeführt, von denen eines innerhalb und eines außerhalb des Prototyps angebracht wurde. Damit konnten die Temperatur, die relative Luftfeuchtigkeit und der CO<sub>2</sub>-Gehalt während der gesamten Vinschgau-Tour gemessen werden. Am Ende der Vinschgau-Tour wurde auch am Reallabor selbst ein Blower-Door-Test durchgeführt, um den Luftwechsel zu messen und so die Ergebnisse mit denen aus dem MultiLab zu vergleichen.

Parallel zu dieser kontinuierlichen Messung wurden den Besucherinnen und Besuchern des *Tiny FOP MOB*s Fragebögen zur Komfortwahrnehmung ausgehändigt, um ihre subjektive Bewertung der Innenraumluftqualität und des thermischen, akustischen und visuellen (in Bezug auf die Lichtstärke) Komforts im Gebäude zu erfassen.



Abbildung 12: Multi-Parameter Überwachungsgeräte im Inneren (a) und Äußeren (b) des *Tiny FOP MOB*s

Die im Prototyp gemessene Luftdichte entspricht der eines neueren Gebäudes, sodass die Annahme getätigt wurde, dass dort eine höhere CO<sub>2</sub>-Absorptionskapazität erreicht werden kann. Außerdem wurden im Prototyp alle Wände aus Hanfziegeln gebaut und das Haus ist relativ klein, wodurch das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen (die absorbierende Oberfläche pro Volumeneinheit) im Prototyp deutlich höher ist als im Lab. Dieser Unterschied sollte ebenfalls einen erheblichen Einfluss auf die CO<sub>2</sub>-Absorptionsfähigkeit des Hanfs haben.

Die oben getätigten Annahmen wurden durch die Ergebnisse der CO<sub>2</sub>-Messung im Inneren des Prototyps bestätigt. Als Beispiel sind die CO<sub>2</sub>-Daten des Prototyps aus der Woche vom 26. bis 31. Juli dargestellt (siehe Abb. 13). Die orangefarbene Linie stellt die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Freien dar, die immer um die 400 ppm (engl. parts per million) liegt (CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Außenumgebung), während die blaue Linie die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Inneren des Prototyps angibt. Wie in der Abbildung zu sehen ist, sanken die CO<sub>2</sub>-Werte im Inneren während der Nacht erheblich und erreichten niedrigere Werte als jene der Außenumgebung (etwa 420 ppm). Diese Ergebnisse deuten auf ein signifikantes Absorptionsvermögen der im *Tiny FOP MOB* verwendeten Hanfwände hin.

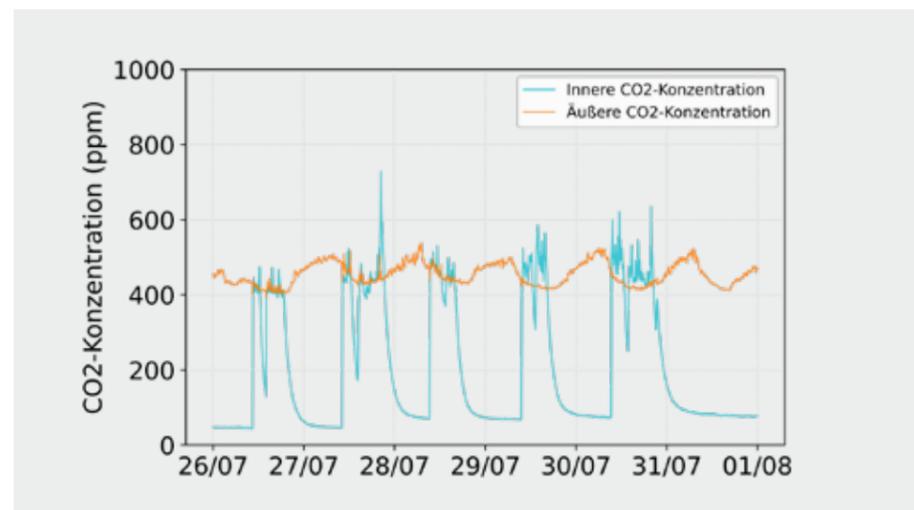


Abbildung 13: CO<sub>2</sub>-Konzentration im Inneren und Äußeren des Prototyps von 26. bis 31. Juli (Eurac Research)

Die in diesem Projekt erzielten Ergebnisse zeigen, dass Hanf dazu in der Lage ist, CO<sub>2</sub> zu binden. Das tatsächliche Ausmaß des Effekts hängt jedoch stark von den Eigenschaften des Gebäudes wie der Luftinfiltrationsrate und dem Verhältnis von absorbierender Oberfläche zu Volumen ab. In Gebäuden mit geringen Infiltrationsraten und einem hohen Oberflächen-Volumen-Verhältnis kann die Verwendung des Baustoffs Hanf dazu beitragen, die CO<sub>2</sub>-Werte zu senken. Es ist jedoch anzumerken, dass Hanf nicht in der Lage ist, andere in der Innenraumluft vorhandene Schadstoffe zu beseitigen, weshalb die Innenraumlüftung immer im Zusammenhang mit anderen möglichen Schadstoffen und hygrothermischen Bedingungen betrachtet werden sollte. Im Kontext des Klimawandels bietet Hanf als Baustoff einen Weg zu einer umweltfreundlicheren Bauindustrie.

### 3.5. Ergebnisse der Komfortbewertung des *Tiny FOP MOB*s

Der Komfort wird als der subjektiv wahrgenommener Zustand definiert, der die Zufriedenheit mit der thermischen Umgebung ausdrückt. Auch der akustische, visuelle und IAQ-Komfort hängt mit der Wahrnehmung der Umgebung eines jeden einzelnen Menschen zusammen. Komfort ist ein psychophysischer Zufriedenheitszustand mit der Umgebung, in der wir uns befinden. Er umfasst das körperliche und das geistige Wohlbefinden von Menschen an einem bestimmten Ort bzw. in einem bestimmten Raum.<sup>44</sup> Vor diesem Hintergrund ist die Meinung der Menschen für die Bewertung des Komforts eines Raumes entscheidend. Um diese Frage zu beantworten, wurde, wie oben erläutert, eine Bewertung des Innenraumkomforts des Prototyps durchgeführt. Die Bewertung erfolgte somit mittels Instrumente (objektive Bewertung), als auch durch die Befragung von Personen (subjektive Bewertung).

Mithilfe eines Fragebogens wurden die Besucherinnen und Besucher des *Tiny FOP MOB*s zu ihrem Komfort und ihrer Zufriedenheit mit den thermischen, visuellen und akustischen Bedingungen sowie der Luftqualität im *Tiny FOP MOB* befragt. Ein Teil des Fragebogens konzentrierte sich außerdem darauf, abzufragen, inwiefern das Bedürfnis nach besseren thermischen Bedingungen, mehr oder weniger akustischer Belastung, einer anderen Lichteinstrahlung und Belüftung besteht. Die Antworten der Teilnehmenden wurden anschließend mit den Daten verglichen, die bei der Überwachung der Umweltparameter mittels Multi-Parameter-Geräten gesammelt wurden. Die Kombination beider Arten von Daten ist wichtig, um nützliche Informationen für die Realisierung komfortabler Lebens- und Arbeitsräume zu gewinnen, bevor diese gebaut, renoviert und bewohnt werden. Durch die Berücksichtigung der Daten zur Wahrnehmung der Personen in der Planungsphase und die Kontrolle von diesen durch die Umweltparameter können also Wohnumgebungen gefördert werden, die als angenehm empfunden werden. Außerdem ist die Erhebung solcher Daten wichtig, um gesunde Bedingungen sicherzustellen, dort wo die menschliche Wahrnehmung nicht ausreicht. Ein Beispiel hierfür ist die Luftqualität, bei der unser Geruchssinn nicht immer ausreicht, um die Schadstoffkonzentration in der Luft zu erkennen. Aus diesem Grund wurden sowohl die Lufttemperatur als auch die Konzentration von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) im Inneren des *Tiny FOP MOB*s überwacht.

Die Ergebnisse des Fragebogens zur Bewertung der Umweltqualität im *Tiny FOP MOB* ergaben, dass die 162 Teilnehmenden, die thermischen, akustischen und visuellen Bedingungen sowie die Luftqualität im Allgemeinen als zufriedenstellend und angenehm empfanden. Die Mehrheit der Besucherinnen und Besucher hätte keine Veränderungen an diesen Bedingungen vorgenommen, was die Eignung des Innenraums des *Tiny FOP MOB*s weiter bestätigt. Die Bewertungen fielen dabei sowohl bei den Personen, die den Fragebogen gleich beim Betreten des Prototyps ausfüllten, als auch bei denen, die sich schon länger darin aufhielten, positiv aus.

Diese Ergebnisse spiegeln sich auch in den während des Ausfüllens der Fragebögen gemessenen Umweltparametern (Temperatur und CO<sub>2</sub>-Konzentration) des Prototyps wider, die dem Komfort und den gesundheitlichen Bedingungen der Besucherinnen und Besucher entsprachen. Die Lufttemperatur betrug dabei durchschnittlich 22°C und die CO<sub>2</sub>-Konzentration lag bei durch-

schnittlich 459 ppm. Insgesamt lagen die gemessenen CO<sub>2</sub>-Konzentrationswerte immer unter 950 ppm, was gemäß UNI EN 16798-1:2019 dem Referenzwert der Kategorie "Hoch" entspricht und zu optimalen Komfort- und Gesundheitsbedingungen führt.

Aufgrund der Dringlichkeit, die vom Menschen verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren, wird die Forschung immer weiter dazu angetrieben, nachhaltige (Bau-)Materialien mit geringen Umweltauswirkungen zu erforschen. Auch die in diesem Projekt durchgeführten Tests hatten das Ziel, Informationen über das Potenzial des noch wenig genutzten, aber im Grunde vielversprechenden Materials Hanf zu generieren. Die Ergebnisse zeigen, dass die Hanfbauweise, so wie sie im *Tiny FOP MOB* vorkommt, eine gute energetische Leistung und einen hohen allgemeinen Komfort aufweist, und zusätzlich auch mit einer positiven Auswirkung auf die Innenraumluftqualität (insbesondere auf den CO<sub>2</sub>-Gehalt) einhergehen kann, sofern die absorbierende Oberfläche ausreichend groß ist und die Luftdichte des Gebäudes den aktuellen Baustandards entspricht.



### 3.6. Wahrnehmung des Reallabors

Eine weitere wissenschaftliche Aktivität im Rahmen des Forschungsprojekts *Tiny FOP MOB* bestand darin, die Wahrnehmung der Besucherinnen und Besucher des Prototyps zu analysieren. Die Analyse der Wahrnehmung eines Produkts in Verbindung mit dessen Qualitätsmerkmalen sowie der damit einhergehenden Kaufentscheidungen sind ein relevantes und spannendes Forschungsfeld. Im vorliegenden Fall ging es konkret darum, zu untersuchen, wie etwa die Eigenschaften des mit nachhaltigen Materialien konstruierten *Tiny FOP MOB*s, dessen Raumqualität oder Nutzungsmöglichkeiten von den Besucherinnen und Besuchern wahrgenommen werden, ohne zuvor Informationen zu den genannten Aspekten oder zum nachhaltigen Charakter des Reallabors erhalten zu haben.

Etwa 150 zufällig ausgewählte Personen beteiligten sich am Experiment. Sie wurden darum gebeten, den Prototypen zu besichtigen und im Anschluss daran einen Fragebogen auszufüllen. Der für diese Erhebung relevante Teil des Fragebogens umfasste 13 verschiedene Aussagen, die mit Hilfe einer Likert-Skala von 1 (*stimme überhaupt nicht zu*) bis 5 (*stimme voll und ganz zu*) bewertet wurden (siehe Abb. 14). Die erste Aussage bezog sich auf den Wissensstand zum Prototyp und zum Projekt selbst, um den zuvor bestehenden Wissensstand der Teilnehmenden in der Ergebnisanalyse berücksichtigen zu können. Die Fragen zur Qualität (2 bis 6) wurden aus einer bereits vorhandenen Liste an Aussagen aus der Literatur entnommen, mit denen die Wahrnehmung der Qualität nachhaltiger Produkte erhoben werden. Anschließend wurde der Fragebogen durch projekt- und produktspezifische Aussagen ergänzt (die Fähigkeit, das Gebiet zu repräsentieren (7), die Eignung für verschiedene Zwecke (8 bis 12) und die Wahrnehmung der Nachhaltigkeit (Aussage 13)).

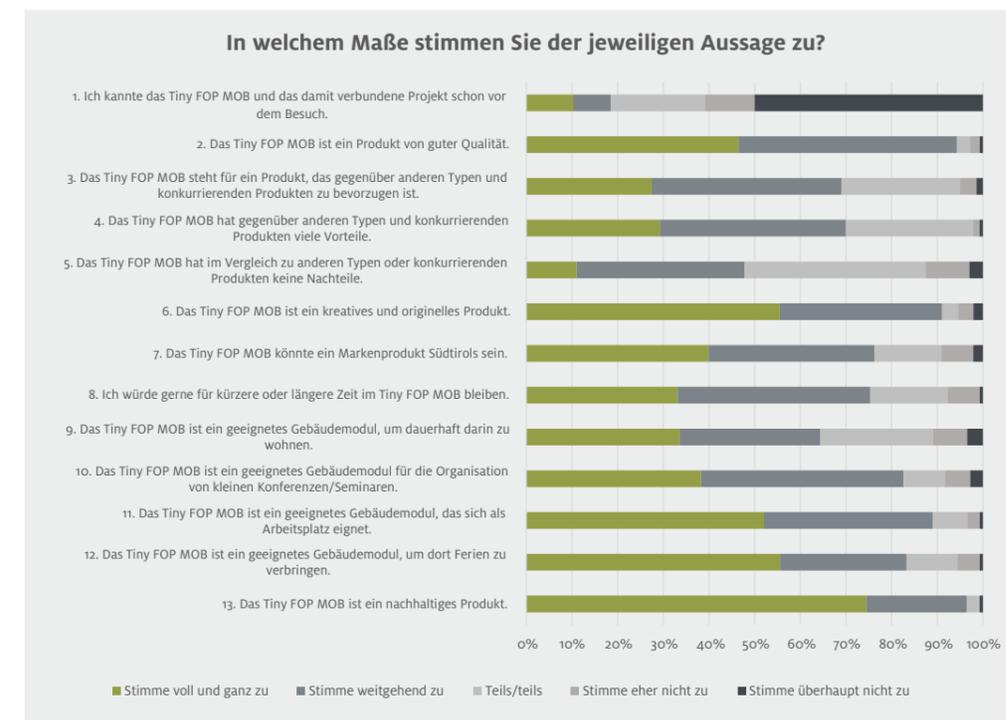


Abbildung 14: Zustimmung zu Aussagen hinsichtlich der Wahrnehmung des *Tiny FOP MOB*s (Freie Universität Bozen)

Zusätzlich zum Fragebogen über die subjektive Wahrnehmung des *Tiny FOP MOB*s wurde eine Untersuchung des Sehverhaltens von insgesamt 26 Teilnehmenden mittels Eye-Tracking-Brille (deu. Blickerfassungsbrille), Modell Tobii Pro Glasses 2, durchgeführt. Durch die Analyse des (unbewussten) Sehverhaltens sollte ermittelt werden, welche Bereiche des Innenraums des *Tiny FOP MOB*s von besonderem Interesse sind bzw. welche Bereiche die Aufmerksamkeit der Teilnehmenden auf sich ziehen (engl. areas of interest – AOIs). Als Interessenspunkte werden homogene und abgrenzbare Punkte, etwa aufgrund ihres Aussehens oder ihrer Funktionalität (z. B. Decke, Wände, Türen) definiert. Mithilfe der Blickerfassungsbrille konnte das Sehverhalten der jeweiligen Person aufgezeichnet werden. Die grünen Punkte in den Aufzeichnungen markieren jeweils Interessenspunkte und die Details, auf die der Blick länger gerichtet wurde (siehe Abb. 15).



Abbildung 15: Innenraum (a-b) und fixierter Interessenspunkt während einer Beobachtung mittels Blickerfassungsbrille (c)

Die Aufzeichnungen der Blickerfassung erfolgte mittels Videosegmentierung. Es wurde analysiert, wie lange der Blick einer Person auf die jeweiligen Interessenspunkte gerichtet wurde (siehe Abb. 16).



Abbildung 16: Darstellung der Interessenspunkte

Insgesamt wurden zehn Interessenspunkte identifiziert, die wiederum drei Kategorien zugeordnet wurden: 1) Wände, Decke und Boden als strukturelle Elemente des Gebäudes, wobei in der vorliegenden Studie davon ausgegangen wurde, dass dies die wichtigsten Elemente des Prototyps sind, insbesondere aufgrund der verwendeten Materialien, 2) Einrichtungsgegenstände, Möbel, Beleuchtung und sichtbares Äußeres als gewöhnliche Elemente, die typischerweise in Gebäuden und Häusern zu finden sind und 3) Informationsmaterial, Projektoren, elektronische Geräte und andere potenziell störende Elemente als spezifische Elemente, die aufgrund der Projektanforderungen im Prototyp vorhanden waren.

Die wichtigsten Ergebnisse zur subjektiven Wahrnehmung, welche mittels Fragebogen erhoben wurden, sind folgende:

- Etwa die Hälfte der Teilnehmenden gab an, nichts über das *Tiny FOP MOB* und die genauen Ziele des Projekts zu wissen (Aussage 1) (was verdeutlicht, dass die Informationen über den Prototypen während des Besuchs nicht direkt zu erkennen waren).
- Die Aussagen zur Wahrnehmung (2-13) zeigten eine sehr positive Bewertung des *Tiny FOP MOB*s (meist vier oder fünf Punkte). Besonders positiv bewertet wurden die Aussagen 6 und 13, die sich auf die Originalität bzw. die Nachhaltigkeit des Produktes beziehen.
- Durch eine statistische Analyse konnte festgestellt werden, dass kein direkter Zusammenhang zwischen Aussage 1 (über die Kenntnis des Projekts) und Aussage 13 (über die Nachhaltigkeit des Produkts) in den gesammelten Ergebnissen festgestellt werden konnte. Daher ist es nicht möglich, mit Sicherheit festzustellen, ob die erhaltenen Informationen zu den Merkmalen des *Tiny FOP MOB*s die Bewertungen der Teilnehmenden positiv oder negativ beeinflusst haben, insbesondere in Bezug auf die wahrgenommene Nachhaltigkeit.

Zu den mittels Blickerfassungsbrille erzielten Ergebnissen sind folgende Beobachtungen anzumerken:

- Besondere Aufmerksamkeit wurde den Informationsplakaten geschenkt, die im *Tiny FOP MOB* aufgehängt waren. Da die Hälfte der Teilnehmenden die Ziele des Projektes nicht kannte, waren sie vermutlich dazu angeregt, sich über das Projekt zu informieren.
- Die Beobachtungsdauer der strukturellen Elemente (Wände, Decke und Boden) fiel im Vergleich zu den anderen Elementen deutlich geringer aus. Den Wänden wurde, im Vergleich zu der Decke und dem Boden, mehr Aufmerksamkeit gewidmet, was sich vor allem durch deren Besonderheit bezüglich Oberflächenbeschaffung erklären lässt.
- Viel Aufmerksamkeit wurde auch auf die Interessenspunkte 8 bis 10 gelegt, die spezifische Produkt- und Designmerkmale umfassen.

Die vergleichende Analyse, die für die 26 Personen durchgeführt wurde, von denen sowohl Daten aus den Fragebögen als auch Daten mittels Blickerfassungsbrille gesammelt wurden, ergab Folgendes:

- Nach den ursprünglichen Annahmen hätten die strukturellen Elemente des Prototyps einen größeren Einfluss auf dessen Bewertung haben müssen, da sie aufgrund der verwendeten Materialien (Hanfziegel und Holz) einige besondere Merkmale aufweisen (z. B. die raue Oberflächenbeschaffung).
- Überraschenderweise erwiesen sich die Details, denen bei der Entwicklung des Prototyps keine besondere Aufmerksamkeit geschenkt wurde, als wichtiger als die grundlegenden Strukturelemente. Insbesondere die Interessenspunkte 4-7 (die sich auf gewöhnliche Elemente wie Beleuchtung und Möbel beziehen) beeinflussten die Bewertung einiger Aspekte des Prototyps statistisch gesehen auf negativer Weise (etwa seine Eignung für geschäftliche Zwecke oder für die Ausrichtung kleiner Konferenzen und Sitzungen).
- Die projektspezifischen Elemente (Informationsmaterial, elektronische Geräte etc.) wiesen keinen besonders signifikanten Zusammenhang mit der wahrgenommenen Qualität des *Tiny FOP MOBs* auf.

Es gilt abschließend anzumerken, dass im Hinblick auf die Ziele des Projekts und die Art und Weise, wie die Experimente konzipiert und durchgeführt wurden, Einschränkungen bezüglich der Ergebnisse zu nennen sind. Eine große Einschränkung ergibt sich aus der getroffenen Stichprobe: Zwar handelte es sich bei den befragten Personen in erster Linie um eine Zufallsstichprobe, jedoch kann diese aufgrund der freiwilligen Teilnahme nicht als repräsentativ für die Allgemeinbevölkerung gesehen werden. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass teilnahme-willige Personen den Prototyp a priori positiv bewerteten, was die (wenn auch nur teilweise) hohen Bewertungen bestimmter Fragen rechtfertigt. Außerdem könnte dies erklären, warum das von den Teilnehmenden erworbene Wissen über das Produkt keinen großen Einfluss auf ihre Wahrnehmung von Nachhaltigkeit und Qualität hatte.



### 3.7. Lebenszyklusanalyse im Rahmen des Projekts *Tiny FOP MOB*

Die Lebenszyklusanalyse (engl. Life Cycle Assessment – LCA) ist eine Methode, mit der die technischen Möglichkeiten zur Minimierung der Umweltauswirkungen eines Produkts/Prozesses analysiert und dokumentiert werden. Sie berücksichtigt in der Regel alle Inputs (eingesetzte Energie und Ressourcen) und Outputs (Abfälle und Umweltemissionen) eines Produktes/Prozesses, von der Gewinnung der Rohstoffe bis hin zur Entsorgung bzw. zum Recycling. Ein bedeutender Indikator dabei ist das produzierte Kilogramm Kohlendioxid-Äquivalent (kurz kg CO<sub>2</sub>). Kohlendioxid ist eines der Treibhausgasemissionen, welches am meisten zur globalen Erwärmung beiträgt. Im Bausektor wird diese Analyse beispielsweise durchgeführt, um entweder die Umweltauswirkungen von bestimmten Baumaterialien oder jene eines gesamten Gebäudes zu ermitteln. Die Lebenszyklusanalyse im Rahmen des Projekts *Tiny FOP MOB* zielte darauf ab, die Umweltverträglichkeit des Einsatzes nachhaltiger Materialien im Vergleich zu herkömmlichen Materialien aufzuzeigen.

Das *Tiny FOP MOB* selbst wurde als mobiles Reallabor konzipiert und gebaut, in erster Linie für wissenschaftliche und bildungspolitische Zwecke. Um ausreichend Stabilität zu gewährleisten, insbesondere für den Transport des *Tiny FOP MOBs* von einer Gemeinde zur anderen, mussten wesentlich mehr Material verbaut werden, als für die Realisierung eines tatsächlichen Gebäudes nötig wären. Die Darlegung der Lebenszyklusanalyse des *Tiny FOP MOBs* wäre dadurch irreführend und nicht mit den Ergebnissen vergleichbar, die sich aus gewöhnlichen Wohnhäusern ergeben. Die im vorliegenden Kapitel dargelegte Lebenszyklusanalyse beziehen sich daher auf zwei Standardwände, eine Holzfaserwand und eine Hanfziegelwand, die so gebaut und verkauft werden.

Insgesamt wurden mithilfe der Lebenszyklusanalyse drei verschiedene Funktionseinheiten untersucht:

1. 1 kg Hanfziegel mit einer durchschnittlichen Dichte von 300 kg/m<sup>3</sup>, hergestellt vom Unternehmen Schönthaler Bausteinwerk GmbH. Der Hanfziegel stellte ein Grundelement der Konstruktion des *Tiny FOP MOBs* dar;
2. 1 m<sup>2</sup> Wand aus Hanfziegeln des Unternehmens Schönthaler Bausteinwerk GmbH;
3. 1 m<sup>2</sup> vorgefertigte Holzfaserwand des Unternehmens Habicher Holzbau GmbH.

Die erzielten Ergebnisse der drei Elemente wurden dann mit ähnlichen, in der Literatur verfügbaren Analysen zu nachhaltigen und traditionellen Materialien verglichen.

Die Lebenszyklusanalyse im Bausektor wird durch ISO14040 und EN15804 geregelt. Unter Berücksichtigung der in der Norm EN15804 genannten Lebenszyklusphasen wurden im Rahmen der vorliegenden Analyse folgende Prozesse untersucht:

- A1a: Anbau des Hanfs und Transport zum Transformationsort;
- A1b: Verarbeitung der Hanfschäben zur Herstellung der Ziegel;
- A2: Transport der Hanfschäben zur Produktionsstätte;
- A3: Herstellung der Hanfziegel;
- A5: Konstruktion der Hanfziegelwand und der vorgefertigten Holzfaserwand.

Die Lebenszyklusanalyse konzentrierte sich daher auf die ersten Phasen des Lebenszyklus (Beschaffung/Produktion und Transport von Rohstoffen und anschließender Wandaufbau). Die Phase des Materialtransports zur Baustelle wurde ausgelassen, da diese je nach Standort der Baustelle sehr unterschiedlich ist. Die anschließende Nutzungsphase des Prototyps und seiner Bestandteile bis hin zum Ende des Lebenszyklus war nicht Gegenstand der Analyse, da die Unterschiede in diesen Phasen im Vergleich zur herkömmlichen Bauweise wahrscheinlich gering sind und weil es zudem schwierig ist, Daten über diese Phasen für einen experimentellen Prototyp zu erfassen.

Die erste Tabelle (siehe Tab. 1) zeigt das Ergebnis der Lebenszyklusanalyse für einen Kilogramm Hanfziegel des Unternehmens Schönthaler Bausteinwerk GmbH im Vergleich zu den Werten anderer Hanfziegel und traditioneller Materialien auf. Dabei gilt: je niedriger der Wert des kg CO<sub>2</sub>, desto geringer ist die Umweltbelastung.

	Hanfziegel von Schönthaler Bausteinwerk GmbH	Arrigoni et al. (2017) <sup>45</sup>	de Souza et al. (2016) <sup>46</sup>
<b>Hauptmaterialien</b>	Hanfschäben, Wasser, Kalk	Hanfschäben, Bindemittel: 80% dolomitisches Kalkhydrat und 20% Zement	Sand, Zement, Schotter und Wasser
<b>Herkunft der Materialien</b>	Österreich	Italien	Unbekannt
<b>Kg CO<sub>2</sub>e pro kg Ziegel</b>	0,73	1,02	4,67

Tabelle 1: Vergleich der Menge CO<sub>2</sub>e pro kg Ziegel (Freie Universität Bozen)

Das Ergebnis der Analyse (siehe Tab. 1) zeigt, dass der Hanfziegel des *Tiny FOP MOBs* geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen aufweist. Und das, obwohl die Herkunft des Materials relativ weiter entfernt liegt und der Transportweg somit größer war. Vor allem im Vergleich mit den Emissionen eines herkömmlichen Ziegels wird die Nachhaltigkeit des Hanfziegels deutlich. Letzterer hat um die 80 Prozent geringere Emissionen als ein herkömmlicher Ziegel.

Abbildung 17 zeigt die Wirkungen der verschiedenen Produktionsschritte der Hanfziegel auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Herstellung von Kalk ist eine der Bereiche mit den größten Auswirkungen auf die Gesamtemissionen, gefolgt vom Transport von Rohstoffen, insbesondere von Kalk und Hanfziegel. Die Kalkproduktion ist seit jeher ein sehr belastender Prozess. Um den Wert der Emissionen weiter zu senken, könnte man in Erwägung ziehen, Lieferanten zu finden, die möglichst nahe am Produktionsstandort liegen.

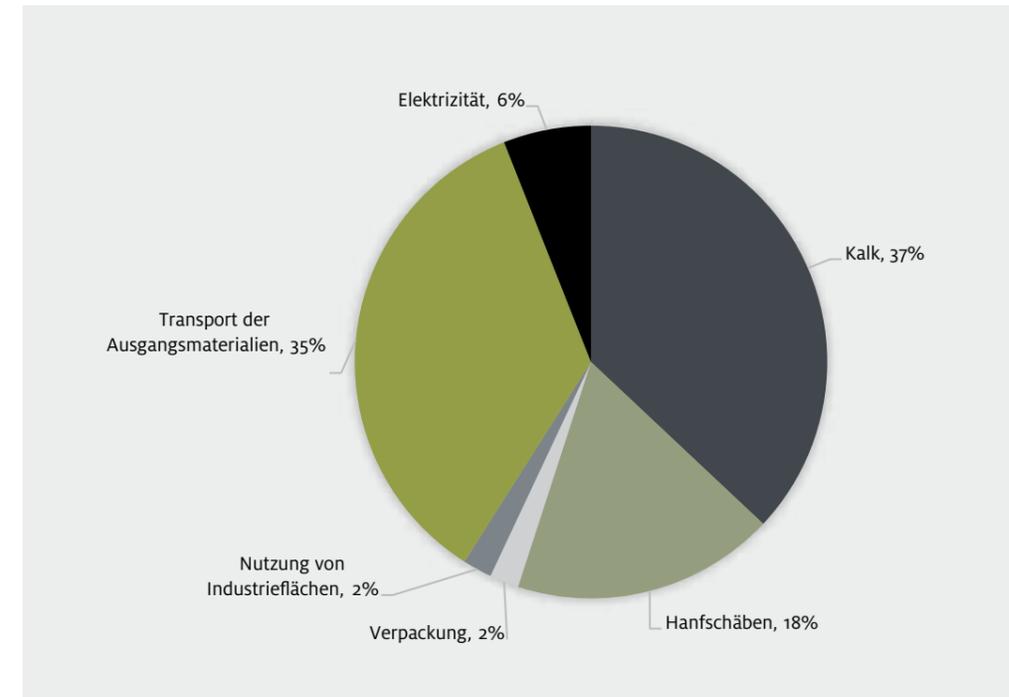


Abbildung 17: Emissionierte CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Herstellung des Hanfziegels (Freie Universität Bozen)

Tabelle 2 zeigt die CO<sub>2</sub>-Werte für einen Quadratmeter Hanfziegelwand, hergestellt aus den Hanfziegel des Unternehmens Schönthaler Bausteinwerk GmbH, und für einen Quadratmeter vorgefertigter Holzfaservand des Unternehmens Habicher Holzbau GmbH, verglichen mit den Werten für einen Quadratmeter Wand, die mit traditionellen Materialien gebaut wurde. In diesem Fall wurde sowohl das bei den betrachteten Produktionsprozessen freigesetzte als auch das absorbierte CO<sub>2</sub> berücksichtigt.

	Hanfziegelwand	Vorgefertigte Holzfaservand	Herkömmliche gemauerte Wand <sup>47</sup>
<b>Art der Wand</b>	Tragend		
<b>Untersuchte Einheit</b>	1 m <sup>2</sup>		
<b>Wandstärke (cm)</b>	41	37	39
<b>Durchlässigkeit U (W/m<sup>2</sup>K)</b>	0,18	0,15	0,27
<b>Hauptmaterialien</b>	Verputz, Mörtel, Hanfziegel, Struktur	Verputz, Gipskarton, Holzfaservand, Holzstruktur	Verputz, Ziegel, synthetisiertes expandiertes Polystyrol, Stahl

<b>Abscheidung Kg CO<sub>2</sub></b>	73	64	120
<b>Sequestrierung Kg CO<sub>2</sub></b>	-103	-50	-11
<b>Nettowert an CO<sub>2</sub> pro m<sup>2</sup> gefertigter Wand</b>	-30	+14	+109

Tabelle 2: Vergleich der Menge CO<sub>2</sub>e pro m<sup>2</sup> Wand (Freie Universität Bozen)

Betrachtet man die Ergebnisse, so kann festgestellt werden, dass die Energieeffizienz und die CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Hanfziegelwand und der vorgefertigten Holzfaserwand vergleichbar und nahezu gleichwertig sind. Vergleicht man die Ergebnisse mit einer traditionellen Ziegelwand, so zeigt sich außerdem, dass eine geringere thermische Effizienz auch mit einem viel höheren CO<sub>2</sub>-Emissionswert verbunden ist als bei einer Hanfziegel- und Holzfaserwand. Ein weiterer zu berücksichtigender Wert ist die Wirkung des Biogenic Uptake (deu. CO<sub>2</sub>-Speicherung) von Hanf (insbesondere des Hanfstängel) und der Karbonisierung von Kalk sowie die Wirkung der CO<sub>2</sub>-Absorption bei der Holzproduktion. Diese Phänomene führen in der Tat zu einer CO<sub>2</sub>-Absorption. Aus den in der Literatur verfügbaren Werten<sup>48</sup> geht hervor, dass für jedes produzierte Kilogramm Hanf 1,52 Kilogramm CO<sub>2</sub> hauptsächlich durch die Photosynthese gebunden wird. Im Falle von Kalk entspricht dieser Wert 0,54 Kilogramm CO<sub>2</sub>/kg Kalk, das während des Brennvorgangs gebunden wird. Bei Holz hingegen liegt der Wert bei 1,81 Kilogramm CO<sub>2</sub>/kg. Folglich muss der Nettoemissionswert der drei Wände auch die Wirkung des CO<sub>2</sub> berücksichtigen, das auf natürliche Weise durch Materialien wie Hanf, Kalk und Holz gebunden wird. Die Ergebnisse in Tabelle 2 zeigen daher, dass die Hanfziegelwand – unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Phasen A1a, A1b, A2, A3 und A5 – einen negativen Netto-CO<sub>2</sub>-Wert aufweist, was sie als ökologisch nachhaltiges Produkt bestätigt. Die vorgefertigte Holzfaserwand hat auch eine gute Fähigkeit, CO<sub>2</sub> zu absorbieren. Die Bilanz zwischen absorbiertem und gebundenem CO<sub>2</sub> ist jedoch nur noch leicht positiv. Bei einer traditionellen Ziegelwand hingegen ist die Wirkung der Karbonisierung von Kalk sehr begrenzt, so dass die Leistung der Wand schlechter ist als bei den beiden anderen untersuchten Wänden.



### 3.8. Kreislauffähigkeit des Tiny FOP MOBs

Die Kreislaufwirtschaft zielt darauf ab, eine optimale Nutzung von materiellen und technischen Ressourcen zu fördern. Um dieses Ziel zu erreichen, muss das herkömmliche lineare Modell der Ressourcenausbeutung aufgegeben werden. Stattdessen sollen im Modell der Kreislaufwirtschaft die verschiedenen Schritte des Produktlebenszyklus so nah wie möglich am Kompetenzbereich der Nutzerinnen und Nutzer liegen. So ist beispielsweise die Wiederverwendung eines Produkts kreislauffähiger als das Recycling. Das Recycling beinhaltet nämlich unter anderem eine chemische Veränderung des Materials sowie den Transport, wodurch zusätzliche Ressourcen verbraucht werden, während dies bei der Wiederverwendung nicht der Fall ist.

Um die Kreislauffähigkeit des Prototyps *Tiny FOP MOB* zu bewerten, wurden zwei gängige und weit verbreitete Messinstrumente angewandt. Durch die gleichzeitige Anwendung von zwei unterschiedlichen produktorientierten Messinstrumenten konnten die erzielten Ergebnisse verglichen und so viele Aspekte der Kreislaufwirtschaft wie möglich abgedeckt werden. Die ausgewählten Messinstrumente waren zum einen der Circularity Calculator (IDEAL&CO Explore & Ellen MacArthur Foundation)<sup>49</sup> und zum anderen das Circular Economy Toolkit von Bocken & Evans.<sup>50</sup>

Die untersuchten Aspekte ergänzen sich gegenseitig, sodass ein besserer Gesamtüberblick über die Kreislauffähigkeit des Prototyps erarbeitet werden konnte. Das erste Messinstrument liefert Ergebnisse über das Kreislaufgewicht des bewerteten Produkts, sein Valorisierungspotenzial, den verwendeten recycelten Inhalt und einen Wiederverwendungsindex. Das zweite Messinstrument bewertet hingegen verschiedene Parameter in Bezug auf Design, Vertrieb, Herstellung, Nutzung, Reparatur, Wartung, Wiederverwendung, Wiederaufbereitung, Umwandlungspotential sowie Recycling des Produkts am Ende seiner Lebensdauer. Tabelle 3 zeigt verschiedene Aspekte auf, die für die vorliegende Analyse erhoben wurden. Daran lässt sich die Komplexität und Vielfalt der Aspekte erkennen, die für die Berechnung der Kreislauffähigkeit eines Produktes von Relevanz sind.

Die mit dem produktorientierten Messinstrument Circularity Calculator erzielten Ergebnisse (siehe Abb. 18) zeigen, dass der Prototyp *Tiny FOP MOB* eine Kreislauffähigkeit von 40 Prozent, ein Recyclingpotenzial von 25 Prozent, jedoch einen effektiven Recyclinganteil und Wiederverwendungsindex von 0 Prozent aufweist (da es sich um einen ersten Prototyp handelt, der aktuell noch genutzt wird).



Abbildung 18: Kreislauffähigkeit des Prototyps *Tiny FOP MOB* laut Circularity Calculator (Freie Universität Bozen)

Das andere produktorientierte Messinstrument, das Circular Economy Toolkit, schätzt die Kreislauffähigkeit hingegen auf 47 Prozent. Durch die Ähnlichkeit der Daten wird ersichtlich, dass die Ergebnisse der beiden Messinstrumente kohärent sind. Außerdem stimmen sie mit den Hauptmerkmalen und Materialien des *Tiny FOP MOB*s überein, da der Prototyp zwar mit nachhaltigen Materialien gebaut wurde, aber in der Projektphase keine weiteren Maßnahmen zur Förderung der Kreislaufwirtschaft eingeplant wurden. Durch den experimentellen und prototypischen Charakter des *Tiny FOP MOB*s wurde auch in der Lebenszyklusanalyse eine erhöhte Umweltbelastung festgestellt. An dieser Stelle sollte jedoch darauf hingewiesen werden, dass in der wissenschaftlichen Literatur<sup>51</sup> allgemein erhebliche Schwierigkeiten bei der Einführung von Konzepten der Kreislaufwirtschaft im Bausektor aufgezeigt werden. Daher sind die Ergebnisse bezüglich der

Umweltbelastung des *Tiny FOP MOB*s in der Lebenszyklusanalyse sicherlich zum Teil auch auf allgemeine Probleme der Baubranche zurückzuführen, weshalb die Gesamtergebnisse als durchaus positiv erachtet werden können.

Insgesamt zeigen die erzielten Ergebnisse, dass es notwendig ist, die Konzepte der Kreislaufwirtschaft in allen Phasen der Entwicklung, Produktion und Nutzung von Gebäuden bis hin zum Ende der Lebensdauer zu integrieren. Die Stärken des *Tiny FOP MOB*s in diesem Kontext beruhen vor allem auf die Verwendung innovativer und nachhaltiger Materialien in der Konstruktion. Aufgrund des Projektcharakters und der langfristigen Nutzung des Prototyps als Reallabor wurden für die fortgeschrittenen Phasen des Gebäudelebenszyklus, nach der Planung, der Realisierung und der Nutzung, keine weiteren Überlegungen angestellt. Möglichkeiten zur Verbesserung des Kreislauffähigkeit des Prototyps *Tiny FOP MOB* bestünden einerseits in der Verwendung von noch mehr recycelten, wiederverwendeten oder wiederverwerteten Materialien in der Herstellung, andererseits könnte eine weitere Verbesserung darin bestehen, den Prototypen bewusst so zu konstruieren, dass er sich leicht zerlegen und reparieren lässt (engl. Design for Disassembly).

Messinstrumente	Parameter
Circularity Calculator	Gewicht des Produktes (kg)
	Kosten des Produktes pro kg
	Prozent recyceltes Material
	Produktionskosten
	Montagekosten
	Anzahl der gleichzeitig auf den Markt gebrachten Produkte
	Gesamtverkaufskosten pro Produkt
	Durchschnittliche Dauer der Produktmiete
	Prozent der recycelten Abfälle
	Prozent der im offenen Kreislauf recycelten Produkte
	Prozent der im geschlossenen Kreislauf recycelten Produkte
	Prozent der regenerierten Produkte
	Prozent der erneuerten Produkte
	Nach wie vielen Perioden muss das Produkt gewartet werden?
Prozent des gesammelten Produktes nach der Verwendung	
Circular Economy Toolkit	Dematerialisierung
	Biologische Abbaubarkeit
	Recycelte Materialien
	Knappe Materialien
	Ökoeffizienz
	Giftige Materialien
	Abfallanlagew
	Häufigkeit von Schäden
	Dauer des Lebenszyklus
	Nutzung der Mindestleistung
	Reparationskosten
	Bereits angebotene Reparaturdienste
	Schwierigkeit des Zugangs zur internen Bearbeitung
	Einfachheit der Reparatur
	Standardisierung der Komponenten
	Schwierigkeit der Fehlersuche
	Gebrauchtwarenmarkt
	Bereits angebotene Gebrauchtwaren
	Lebensdauer
	Kosten der Wiederaufbereitung
	Kosten für die Rücksendung des Produktes an die Hersteller
	Derzeit durchgeführte Wiederaufbereitung
	Schwierigkeit der Demontage
	Identifizierung von Teilen nach der Demontage
	Modularität
	Aufrüstung von Teilen
	Anzahl der mechanischen Verbindungen
Für die Demontage notwendigen Werkzeuge	
Markt für Produkte als Dienstleistung	
Produkt bereits als Dienstleistung	
Verwendete Materialkombinationen	
Gekapselte Materialien	

Tabelle 3: Untersuchte Parameter

# 4.

## Ausblick

## Ausblick

Südtirol und die Welt stehen vor einer der größten Herausforderungen der Menschheitsgeschichte: Die Bewältigung des Klimawandels. Es muss gelingen, Gesellschaft und Wirtschaft ökologisch und sozial verträglich umzubauen, denn nur so ist dauerhaft ein gutes Leben auf diesem Planeten möglich.

In Südtirol wurde diese Notwendigkeit bereits von vielen Personen, Organisationen und Institutionen erkannt. Es gibt einzelne Pionierinnen und Pioniere, wie etwa den Hanfziegelpionier Werner Schönthaler, Organisationen und Unternehmen wie beispielsweise die Organisation für Eine solidarische Welt (OEW), die DA Bürger\*genossenschaft Obervinschgau (BGO) oder der Social Innovation Hub BASIS Vinschgau Venosta, Initiativen aus der Zivilgesellschaft, wie etwa das Südtiroler Netzwerk für eine nachhaltige Entwicklung oder der Zukunftspakt sowie weitere Vereinigungen, die sich das Thema Nachhaltigkeit auf ihre Fahnen geschrieben haben.

Zwischen (Ver)Sprechen und Handeln gibt es jedoch zum Teil große Lücken. Nachhaltig zu sein, liegt im Trend, der Begriff klingt vielversprechend. Die Gefahr eines „Weitermachens wie bisher“, nur etwas „grüner“, ist groß, zumal ein oberflächlicher Umbau von Gesellschaft, Wirtschaft und somit von Produktions- und Konsummustern weniger Widerstand erzeugt beziehungsweise keine veränderten Verhaltensweisen verlangt. Doch die Entwicklungen aus den vergangenen Jahren haben gezeigt, dass der „grüne“, meist technologisch vorangetriebene Fortschritt zwar punktuell zu Lösungen führt, mittel- und langfristig gesehen der Ressourcenverbrauch und somit die negativen Umweltauswirkungen durch den Mehrkonsum jedoch weiterhin ansteigen (in der Fachliteratur spricht man dabei vom Rebound-Effekt). Damit der erforderliche, tiefgreifende und systemische Umbau tatsächlich gelingt, ist ein gesellschaftlicher und vor allem kultureller Wandel vonnöten.

Es wird deutlich, dass dies der einzige Weg ist, um bestehende ökologische, soziale und ökonomische Herausforderungen zu meistern – sei es im lokalen als auch im globalen Kontext. Das für eine erfolgreiche Neuausrichtung notwendige Bewusstsein für die Wichtigkeit und Dringlichkeit, aber auch für die Chancen und Möglichkeiten einer nachhaltigen Entwicklung ist bisher jedoch noch nicht ausreichend vorhanden. Fest steht: ohne das nötige Bekenntnis und die Unterstützung aus der breiten Bevölkerung, die eine solche Entwicklung mitträgt, kann diese kaum vorangetrieben werden. Im Kontext der nachhaltigen Entwicklung kommt zur Aktivierung der Zivilbevölkerung v.a. im deutschsprachigen Raum die Methode der Reallabore vermehrt zur Anwendung.

Reallabore sind Orte des Suchens, des Lernen und des Experimentierens, in denen Menschen zusammenkommen und über gesellschaftsrelevante Fragen im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung nachdenken. Im Reallabor *Tiny FOP MOB*, dem ersten mobilen Reallabor in Südtirol, stand und steht das Thema nachhaltiges Bauen und Wohnen im Vordergrund. Das CO<sub>2</sub>-negative und mit nachhaltigen Materialien gebaute Reallabor tourte durch den Vinschgau und lud die Bevölkerung ein, sich dieser Thematik anzunähern. Im Austausch mit Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Expertinnen und Experten wurden Fragen der Rohstoffbeschaffung, der Planung, der Materialauswahl, des gesunden Wohnens, der Um- und Nachnutzung von Gebäuden, der

Dorfkerngestaltung und viele weitere Themen diskutiert. Das *Tiny FOP MOB* hat rund 1.200 Menschen erreicht. Es gelang nicht nur die Sensibilisierung, Bewusstseinsbildung und Information hinsichtlich dieser Thematik, sondern ebenso die Annäherung von Forschung und Praxis, von Zentrum und der sogenannten Peripherie.

Um Antworten auf bestehende sozialökologische Herausforderungen zu finden und diese auch umzusetzen, bedarf es neben der Sensibilisierung, Bewusstseinsbildung und Information ebenso neuen Arten des Austausches und der Kollaboration von Menschen aus verschiedensten Bereichen. Unterschiedliche wissenschaftliche Disziplinen sowie wissenschaftliche und nicht-wissenschaftliche Akteurinnen und Akteure müssen zukünftig verstärkt transdisziplinär denken und handeln.

Basierend auf den bisherigen Tätigkeiten des Reallabors *Tiny FOP MOB* haben sich die folgenden abschließenden Reflexionen ergeben, die zu einer gelingenden sozialökologischen Transformation beitragen können:

1. **Sensibilisierung und Bewusstseinsbildung als erster Schritt auf dem Weg zu einer nachhaltigen Gesellschaft und Wirtschaft:** Obwohl die wissenschaftlichen Erkenntnisse zum Klimawandel bereits seit Jahrzehnten eine eindeutige Entwicklung aufzeigen, sind der Wissensstand sowie das Bewusstsein hinsichtlich der Dringlichkeit der Thematik in der breiten Bevölkerung, der Politik und der Wirtschaft oftmals zu gering ausgeprägt. Das Reallabor *Tiny FOP MOB* trug dazu bei, die Erkenntnisse der Wissenschaft der Bevölkerung näher zu bringen. Diese Bewusstseinsbildung ist notwendig, um ein breites gesellschaftliches Handeln in Richtung Nachhaltigkeit zu fördern.
2. **Das Potential inter- und transdisziplinären Arbeitens für die Förderung einer nachhaltigen Entwicklung:** Das Projekt *Tiny FOP MOB*, an dem sich zwei wissenschaftliche Einrichtungen (Eurac Research und die Freie Universität Bozen) sowie zwei Unternehmen (Habicher Holzbau GmbH und Schönthaler Bausteinwerk GmbH) beteiligt haben, zeigte einmal mehr, wie wichtig es ist, die Kollaboration unterschiedlicher Akteurinnen und Akteure zu fördern und Mittel für die Realisierung von inter- und transdisziplinären Projekten zur Verfügung zu stellen. An den Schnittstellen zwischen den Disziplinen, bereichert durch den Austausch mit Unternehmen aus der Praxis, entstehen innovative Produkte und Lösungsansätze mit hoher Relevanz für realweltliche Problemstellungen.
3. **Zeit, Mut und Vertrauen als Grundlage für disziplinen- und bereichsübergreifendes Arbeiten:** Partizipative Prozesse und Veränderungen, im Kleinen wie im Großen, brauchen Zeit und Mut zur Innovation aber auch zum Scheitern. Ebenso wichtig ist das gegenseitige Vertrauen der Beteiligten, das Vertrauen in das Potenzial des Austausches über disziplinäre und bereichsspezifische Grenzen hinweg.
4. **Die Wichtigkeit der Kollaboration unterschiedlichster Akteurinnen und Akteure aus dem Bereich Bauen und Wohnen:** Im Rahmen der geführten Diskussionen rund um das *Tiny FOP MOB* waren sich die beteiligten Personen immer wieder einig darüber, dass das Thema nachhaltiges Bauen und Wohnen alle Menschen auf die eine oder andere Art und Weise betrifft. Ein Austausch zwischen Privatpersonen, Unternehmen, Forschung und Politik muss daher stärker gefördert werden. Nur so können Lösungen entwickelt werden, die sowohl privaten Bedürfnissen gerecht werden als auch wissenschaftliche Erkenntnisse und technische Möglichkeiten vereinen und eine nachhaltige Veränderung ermöglichen.
- 5.

6. **Anpassung politisch-juridischer Rahmenbedingungen zur raschen Umsetzung von Nachhaltigkeitszielen:** Es gibt nach wie vor eine Reihe von Gesetzen, Vorschriften, Förderungen und Subventionen, die nicht im Sinne einer ökologisch, sozial und ökonomisch nachhaltigen Entwicklung wirken. Der Austausch mit der Bevölkerung und den Unternehmen hat gezeigt, dass dies eine große Hürde für ein nachhaltiges Handeln darstellt und nicht-nachhaltige Praktiken zum Teil weiterhin gefördert werden. Um dem entgegenzuwirken, bedarf es somit auch einer Anpassung der politisch-juridischen Rahmenbedingungen.
7. **Die Notwendigkeit von Experimentierräumen:** Das *Tiny FOP MOB* fungiert(e) als Ort des Suchens, Experimentierens und Lernens. Solche Orte sind in unserer Gesellschaft selten anzutreffen. Wissenschaftliche Erkenntnisse werden meist in urbanen Zentren – im sogenannten „Elfenbeinturm“ – produziert. Privatunternehmen investieren oftmals zu wenig in Forschung und Entwicklung und Privatpersonen werden kaum mit experimentellen und partizipativen Ansätzen konfrontiert. Das *Tiny FOP MOB* konnte einen Beitrag zur Schließung dieser Lücke leisten, ein breites Experimentieren und die Partizipation verschiedenster Akteurinnen und Akteure fördern.
8. **Leuchtturmprojekte als Wegweiser:** Leuchtturmprojekte wie das *Tiny FOP MOB* können aufzeigen, wie nachhaltige Produkte – im vorliegenden Fall eine nachhaltige Bauweise – konkret umgesetzt werden können. Diese machen das oftmals sehr abstrakte Thema der Nachhaltigkeit greifbarer und gibt der Bevölkerung oder den Unternehmen ein Beispiel dafür, was konkret gemacht werden kann. Eine Nachahmung wird dadurch stimuliert.

Die Reise des Reallabors *Tiny FOP MOB* hat mit dem EFRE-Projekt unter der Leitung des Center for Advanced Studies von Eurac Research erst begonnen. Auch weiterhin soll es als Ort des gemeinsamen Suchens, Lernens und Experimentierens genutzt werden, um dadurch zu einer nachhaltigen Entwicklung beizutragen.

# 5.

## Die Projektpartner

## Lead-Partner Center for Advanced Studies, Eurac Research

Das Center for Advanced Studies von Eurac Research vereint Fachwissen aus den wissenschaftlichen Disziplinen der Politikwissenschaften, Soziologie, Wirtschaftswissenschaften und Philosophie. Das interdisziplinäre Team besteht aus Spezialisten und Generalisten und analysiert im kritischen Austausch und mit unterschiedlichen wissenschaftlichen Methoden gesellschaftliche, wirtschaftliche und politische Prozesse. Im Fokus stehen globale Trends und ihre Auswirkungen auf die lokale Ebene. Forschung und Innovation sind die treibenden Kräfte bei der Suche nach neuen nachhaltigen und klimafreundlichen Wirtschaftsmodellen, für die sozial-ökologische Transformation, den Zusammenhalt in unserer Gesellschaft und die Bekämpfung von Ungleichheiten. Gemeinsam werden Denkanstöße für eine nachhaltige Zukunft gegeben. Zentraler Bestandteil der wissenschaftlichen Arbeit am Center for Advanced Studies ist auch die Anwendung partizipativer Methoden in der Umsetzung von Forschungsvorhaben sowie die Organisation diverser Diskussionsformate. So soll eine möglichst breite Öffentlichkeit nicht nur zu den Tätigkeiten des Centers informiert, sondern auch tatsächlich miteinbezogen werden. Insofern greift das Center auch im Projekt *Tiny FOP MOB* auf bereits bestehende Kompetenzen in diesem Bereich zurück.

Das Center for Advanced Studies ist der Lead-Partner im Projekt *Tiny FOP MOB*. Die Projektidee stammte dabei von den beiden am Center tätigen Forscherinnen Daria Habicher und Ingrid Kofler mit dem Hauptziel, gemeinsam mit Akteurinnen und Akteuren aus der Praxis und der Gesellschaft einen inter- und transdisziplinären Austausch zum global bedeutenden Thema der Nachhaltigkeit durchzuführen. Dabei sollte der Blick stets auch auf die lokale Ebene gelenkt und eine Sensibilisierung der lokalen Bevölkerung erreicht werden. Durch den Bau des CO<sub>2</sub>-negativen mobilen Reallabors vereint das *Tiny FOP MOB* zudem eine Bildungs- und Forschungsinitiative mit einem nachhaltigen Bauprojekt.

## Die Projektpartner

### **Institut für Erneuerbare Energie, Eurac Research:**

Am Institut für Erneuerbare Energie von Eurac Research werden neue Technologien erarbeitet und optimiert, um eine Transformation des Energiesystems von fossilen hin zu erneuerbaren Energiequellen zu fördern. Das Institut verfügt neben dem wissenschaftlichen Know-how auch über eine große technische Infrastruktur, wo die entwickelten Technologien getestet werden können.

### **Fakultät für Naturwissenschaften und Technik, Freie Universität Bozen:**

Die Freie Universität Bozen ist eine internationale und mehrsprachige Forschungs- und Bildungseinrichtung. An der Fakultät für Naturwissenschaften und Technik wird zu den Themen Agrarwissenschaften und Umweltmanagement, Industrie-, Maschinen- und Energieingenieurwesen, Automation und Grundlagenwissenschaften geforscht.

### **Habicher Holzbau GmbH:**

Das Unternehmen Habicher Holzbau GmbH ist seit über 50 Jahren als Zimmerei tätig und befasst sich seit über 20 Jahren mit dem Holzbau. In diesen Jahren wurden zahlreiche Wohnhäuser, Geschäftslokale, Aufstockungen und Umbauten umgesetzt. Die Tätigkeiten umfassen dabei die Planung, Beratung und Ausführung diverser Holzbauten oder schlüsselfertiger Gebäude.

### **Schönthaler Bausteinwerk GmbH:**

Das Unternehmen Schönthaler Bausteinwerk GmbH hat über die vergangenen Jahre intensiv in die Entwicklung und Produktion von Hanfziegeln, Hanfsteinen, Hanfputzen und Hanfböden investiert und somit einen wesentlichen Beitrag zum Thema nachhaltiges und umweltfreundliches Bauen geliefert. Dieses Know-how ist sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene zunehmend gefragt.

## Appendix

Materialien, welche bei der Konstruktion des *Tiny FOP MOB*s zur Anwendung gekommen sind:

Rohstoff	Funktion	Idealer Lieferant	Alternativer Lieferant
Fichtenholz aus der Umgebung von Nauders	Bodenaufbau, Wandkonstruktion, Rauschalung, Holzbalkenkonstruktion Dach, Rauschalung Dach	Sägewerk Josef Rudigier (Nauders, AUT)	Kaufmann Hans KG (Laas, IT)
Lärchenholz aus der Umgebung von Nauders	Schalung Außenwände, Holzboden, Sichtschalung Decke	Sägewerk Josef Rudigier (Nauders, AUT)	Kaufmann Hans KG (Laas, IT)
Diverse Schrauben und Verbindungsmittel	Montage Schalung, Verbindungen	Würth GmbH (Neumarkt, IT)	Schachermayer Italia GmbH (Bruneck, IT)
Armierungsgewebe Röfix p50	Stabilisator; Wandaufbau	Röfix AG (Partschins, IT)	Naturalia-BAU GmbH (Meran, IT) (für Jute-Armierungsgewebe innen)
Kalk-Sand-Mauermörtel Röfix 954	Wandaufbau	Röfix AG (Partschins, IT)	Tassullo Miniera San Romedio GmbH (Predaia, IT)
Hanf-Kalk-Grundputz Röfix Calceclima canapa intonaco	Grundputz	Röfix AG (Partschins, IT)	-
Hanf-Kalk-Feinputz Röfix Calceclima canapa finitura	Feinputz	Röfix AG (Partschins, IT)	-
Hanfziegel	Wandaufbau	Schönthaler Bausteinwerk GmbH (Eys, IT)	IsoHemp SA – NV (Fernelmont BEL)
Windfolie Delta-FOXX PLUS	Außenwand und Außenseite Dach	ISOCELL GmbH & Co KG (Neumarkt am Wallersee, AUT)	Dörken GmbH & Co KG (Herdecke, DEU)
Dampfbremse Delta-NOVAFLEXX	Boden und Dachuntersicht Innenseite	ISOCELL GmbH & Co KG (Neumarkt am Wallersee, AUT)	Dörken GmbH & Co KG (Herdecke, DEU)
Dämmplatte Thermo Hanf Combi Jute	Isolierung Dach	HempFlax Building Solutions GmbH (Nördlingen, DE)	GUTEX Holzfaserplattenwerk H. Henselmann GmbH & Co. KG
Unterboden RÖFIX CALCECLIMA® MASSETTO	Unterboden	Röfix AG (Partschins, IT)	-
Thermo Nadelfilz Hanf	Trittschalldämmung Thermanatur Nadelfilz Hanf 10 mm	HempFlax Building Solutions GmbH (Nördlingen, DE)	-
Fenster und Tür	Fenster und Tür	Tischlerei Ferdinand Folie (Langtaufers, IT)	Fenster Theiner Helmut & Co OHG (Mals, IT)
Verzinktes Stahlblech	Eindeckung Dach	Spenglerei Ziernheld & Co. KG (St. Valentin a.d.H., IT)	Spenglerei Ziernheld & Co. KG (St. Valentin a.d.H., IT)
Zirmholz	Innenausstattung	Sprenger Ferdinand Massivmöbel (St. Valentin a.d.H., IT)	Sprenger Ferdinand Massivmöbel (St. Valentin a.d.H., IT)

Effektiver Lieferant	Kommentar	Informationen zum Produkt
Sägewerk Josef Rudigier (Nauders, AUT)	Nauders ist vom Unternehmensstandort von Habicher Holzbau GmbH nur 14,6 km entfernt (Laas 29,3 km)	<a href="https://www.saegewerk-rudigier.at/leistungen">https://www.saegewerk-rudigier.at/leistungen</a>
Sägewerk Josef Rudigier (Nauders, AUT)	Nauders ist vom Unternehmensstandort von Habicher Holzbau nur 14,6 km entfernt (Laas 29,3 km)	<a href="https://www.saegewerk-rudigier.at/leistungen">https://www.saegewerk-rudigier.at/leistungen</a>
Würth GmbH (Neumarkt, IT)	Zwischen Würth GmbH und Habicher Holzbau GmbH besteht eine Kooperation, weshalb dieser Lieferant ausgewählt wurde.	<a href="https://eshop.wuerth.it/Produktkategorien/Baubedarf/311410.cyid/3114.cgid/de/DE/EUR/">https://eshop.wuerth.it/Produktkategorien/Baubedarf/311410.cyid/3114.cgid/de/DE/EUR/</a>
Röfix AG (Partschins, IT)	Beim mobilen Prototyp musste ein Netz angebracht werden. Aus Zeitgründen konnte kein Jutenetz bestellt und verwendet werden. Für innen könnte Jute-Armierungsgewebe verwendet werden, außen evtl. Glasfasergewebe.	<a href="https://www.roefix.at/produkt/roefix-p50">https://www.roefix.at/produkt/roefix-p50</a> <a href="https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/jutegewebe_pid192">https://www.claytec.de/de/produkte/lehmputze/jutegewebe_pid192</a>
Röfix AG (Partschins, IT)		<a href="https://www.roefix.it/prodotto/roefix-calceclima-canapa-intonaco">https://www.roefix.it/prodotto/roefix-calceclima-canapa-intonaco</a> <a href="https://www.tassullo.it/it/malte/malte-per-muratura/t300_364288_idp/">https://www.tassullo.it/it/malte/malte-per-muratura/t300_364288_idp/</a>
Röfix AG (Partschins, IT)		
Röfix AG (Partschins, IT)		<a href="https://www.roefix.it/de/produkt/roefix-calceclima-canapa-finitura">https://www.roefix.it/de/produkt/roefix-calceclima-canapa-finitura</a>
Schönthaler Bausteinwerk GmbH (Eys, IT)	Der Hanf für die Ziegel wurde von Hanfland GmbH (Laa an der Thaya, AUT) bezogen.	<a href="https://www.schoenthaler.com/de-home/hanfsteine/">https://www.schoenthaler.com/de-home/hanfsteine/</a> <a href="https://www.hanfland.at/">https://www.hanfland.at/</a>
Dörken GmbH & Co KG (Herdecke, DEU)	Ideal wäre eine TIMBER Protect SK Bauzeitabdichtung von ISOCELL GmbH & Co KG gewesen; leider konnte in der verfügbaren Zeit und in dieser kleinen Menge das Material nicht bestellt werden.	<a href="https://www.doerken.de/de/produkte/steildach/delta-foxx.php">https://www.doerken.de/de/produkte/steildach/delta-foxx.php</a> <a href="https://www.isocell.com/de/product/1/dampfbremse/FHNATURverstaerkt/">https://www.isocell.com/de/product/1/dampfbremse/FHNATURverstaerkt/</a>
Dörken GmbH & Co KG (Herdecke, DEU)	Ideal wäre eine TIMBER Protect SK Bauzeitabdichtung von ISOCELL GmbH & Co KG gewesen; leider konnte in der verfügbaren Zeit und in dieser kleinen Menge das Material nicht bestellt werden.	<a href="https://www.doerken.de/de/produkte/steildach/delta-novaflexx.php">https://www.doerken.de/de/produkte/steildach/delta-novaflexx.php</a> <a href="https://www.isocell.com/de/product/1/dampfbremse/FHNATURverstaerkt/">https://www.isocell.com/de/product/1/dampfbremse/FHNATURverstaerkt/</a>
HempFlax Building Solutions GmbH (Nördlingen, DE)		<a href="https://www.thermo-hanf.de/produkte/thermo-hanf-combi-jute-damm-matte/">https://www.thermo-hanf.de/produkte/thermo-hanf-combi-jute-damm-matte/</a>
Röfix AG (Partschins, IT)		<a href="https://www.roefix.it/media/importer_assets/126016.pdf">https://www.roefix.it/media/importer_assets/126016.pdf</a>
HempFlax Building Solutions GmbH (Nördlingen, DE)		<a href="https://www.thermo-hanf.de/wp-content/uploads/2021/04/201210_TDB_THERMO_NADELFILZ_HANF.pdf">https://www.thermo-hanf.de/wp-content/uploads/2021/04/201210_TDB_THERMO_NADELFILZ_HANF.pdf</a>
Tischlerei Ferdinand Folie (Langtaufers, IT)	Griffe Typ „Tokyo“: Hoppe AG; Beschläge: Maico GmbH; Holzrahmen: Karl Pichler AG; Glas: Glas-Studio Geier OHG	
Spenglerei Ziernheld & Co. KG (St. Valentin a.d.H., IT)	Verzinktes Blech von Rheinzink; Titanzink wäre recycelbar; Lieferant vom Rheinzink war Alpewa GmbH Bozen	<a href="https://www.rheinzink.de/fileadmin/redaktion/RHEINZINK_GLOBAL/Downloads/Technical-Documents/materialdatenblatt-anform-zink-01-de-int.pdf">https://www.rheinzink.de/fileadmin/redaktion/RHEINZINK_GLOBAL/Downloads/Technical-Documents/materialdatenblatt-anform-zink-01-de-int.pdf</a>
Sprenger Ferdinand Massivmöbel (St. Valentin a.d.H., IT)		<a href="https://www.massivmoebel.it/">https://www.massivmoebel.it/</a>

## Literaturverzeichnis

- 1 Brand, U. & Wissen, M. (2017). Imperiale Lebensweise. Zur Ausbeutung von Mensch und Natur im globalen Kapitalismus. Oekom Verlag, München.
- 2 Global Footprint Network: [www.overshootday.org](http://www.overshootday.org) [zuletzt aufgerufen am 30.03.2022].
- 3 Die 17 Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen: <https://sdgs.un.org> [zuletzt aufgerufen am 21.03.2022].
- 4 Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (2011). Hauptgutachten. Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Berlin.
- 5 Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency and the United Nations Environment Programme (2019). 2019 global status report for buildings and construction: Towards a zero-emission, instefficient and resilient buildings and construction sector. Nairobi. ISBN No: 978-92-807-3768-4; Institut der deutschen Wirtschaft (2020). Bauen mit gutem Gewissen. Der Informationsdienst des Instituts der deutschen Wirtschaft. <https://www.iwd.de/artikel/bauen-mit-gutem-gewissen-485672/> [zuletzt aufgerufen am 21.03.2022]; Angelucci, G. (2021). Upcycling und Recycling: Welche Lösungen gibt es? Unternehmenstalk im Rahmen des Projektes *Tiny FOP MOB*. Amt für Abfallwirtschaft der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol.
- 6 Bastos, J., Batterman, S. & Freire, F. (2014). Life-cycle energy and greenhouse gas analysis of three building types in a residential area in Lisbon. In: *Energy and Buildings*, 69, 344-353. doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.11.010.
- 7 Beecroft, R. et al. (2018). Reallabore als Rahmen transformativer und transdisziplinärer Forschung: Ziele und Designprinzipien. In: R. Defila und A. Di Giulio (Hrsg.) (2018). *Transdisziplinär und transformativ forschen – Eine Methodensammlung*. Springer VS, Wiesbaden, 75-100. doi.org/10.1007/978-3-658-21530-9\_4.
- 8 Bergmann, M. et al. (2021). Transdisciplinary sustainability research in real-world labs: success factors and methods for change. In: *Sustainability Science*, 16, 541-564. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00886-8>.
- 9 Ebd. Brand, U. & Wissen, M., 2017.
- 10 Bergmann, M. et al. (2010). Methoden Transdisziplinärer Forschung. Ein Überblick mit Anwendungsbeispielen. Campus Verlag. Frankfurt am Main; Parodi, O. et al. (2016). Von „Aktionsforschung“ bis „Zielkonflikte“ – Schlüsselbegriffe der Reallaborforschung. In: *TATuP Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis*, 25 (3), 9-19.
- 11 Jahn, T., Bergmann, M. & Keil, F. (2012). Transdisciplinarity: Between mainstreaming and marginalization. In: *Ecological Economics*, 79, 1-10; Rhodius, R., Pregernig M. & Koch, B. (2016). Herausforderungen transdisziplinären Arbeitens im Reallabor – Wissensdialog Nordschwarzwald. In: *TATuP Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis*, 25 (3), 19-25.
- 12 Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (o.D.). Baden-Württemberg fördert Reallabore. <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/forschung/forschungspolitik/wissenschaft-fuer-nachhaltigkeit/reallabore/> [zuletzt aufgerufen am 19.04.2022].
- 13 Schneidewind, U. (2014). Urbane Reallabore – ein Blick in die aktuelle Forschungswerkstatt. In: *pnd online*, 3, 1-7.
- 14 Lewin, K. (1946). Action research and minority problems. In: *Journal of Social Issues*, 2, 34-46. <https://dx.doi.org/10.1111/j.1540-4560.1946.tb02295.x>; Beecroft, R. & Parodi, O. (2016). Reallabore als Orte der Nachhaltigkeitsforschung und Transformation. In: *TATuP Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis*, 25 (3), 4-8. <https://dx.doi.org/10.14512/tatup.25.3.4>.
- 15 Ebd. Beecroft, R. & Parodi, O., 2016.
- 16 Ebd. Beecroft, R. & Parodi, O., 2016.
- 17 Ebd. Beecroft, R. et al., 2018; Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (2012). Factsheet Forschung und Bildung für die Transformation. Berlin. ISBN 978-3-936191-58-5.
- 18 Jahn, T. & Keil, F. (2016). Reallabore im Kontext transdisziplinärer Forschung. In: *GAIA - Ecological Perspectives on Science and Society*, 25 (4), 247-252. <https://doi.org/10.14512/gaia.25.4.6>.
- 19 Amelung, N. et al. (2008). Nachhaltige Entwicklung als Leitbild für Gesellschaft und Forschung: Einstieg in Nachhaltige Entwicklung. Frankfurt am Main.
- 20 Hauff, V. (1987). Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Eggenkamp Verlag, Greven.
- 21 Flick, U. (2002). *Qualitative Sozialforschung: eine Einführung*. Rowohlt-Taschenbuchverlag, Reinbek bei Hamburg.
- 22 Ebd. Flick, 2002.
- 23 Bergmann, M. et al. (2005). Qualitätskriterien transdisziplinärer Forschung - Ein Leitfaden für die formative Evaluation von Forschungsprojekten. Institut für sozial – ökologische Forschung (ISOE) GmbH, Hamburg.
- 24 Wingerter, C. (2014). Allgemeines Umweltbewusstsein. Zusammenstellung sozialwissenschaftlicher Items und Skalen (ZIS). <https://doi.org/10.6102/zis208>.
- 25 Loonen, R. C., Doya, M., Goia, F., Bedon, C. & Babich, F. (2018). Building Performance Simulation and Characterisation of Adaptive Facades: Adaptive Facade Network. F. Favoino (Ed.). Delft: TU Delft Open.LOONEN, Roel CGM.
- 26 Földváry Ličina, V. et al. (2018). Development of the ASHRAE Global Thermal Comfort Database II. In: *Building and Environment*, 142, 502–512. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.022>; Parsons, K. (2002). *Human Thermal Environments. The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort and Performance*. London. <https://doi.org/10.1201/9781420025248>; Babich, F. et al. (2017). A new methodological approach for estimating energy savings due to air movement in mixed mode buildings. In: *Proceedings of Building Simulation Application*;
- 27 Simulationsprogramm EnergyPlus: <https://energyplus.net/> [zuletzt aufgerufen am 19.04.2022]; Babich, F., Cook, M., Cremers, J. & Papachristou, G. (2017). The impact of ventilation cooling towers on plus energy houses in southern Europe. *International Journal of Ventilation*, 16(4), 323-344; Hensen, J. L. & Lamberts, R. (Eds.). (2012). *Building performance simulation for design and operation*. Routledge.
- 28 Borgianni, Y., Maccioni, L. & Basso, D. (2019). Exploratory study on the perception of additively manufactured end-use products with specific questionnaires and eye-tracking. In: *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 13 (2).
- 29 Akhimien, N. G., Latif, E. & Hou, S. S. (2021). Application of circular economy principles in buildings: A systematic review. In: *Journal of Building Engineering*, 38, 102041; Goh, B. H. & Sun, Y. (2016). The development of life-cycle costing for buildings. In: *Building Research & Information*, 44 (3), 319.
- 30 Eberhardt, L. C. M., Birkved, M. & Birgisdottir, H. (2022). Building design and construction strategies for a circular economy. In: *Architectural Engineering and Design Management*, 18 (2), 93-113; Munaro, M. R., Tavares, S. F. & Bragança, L. (2020). Towards circular and more sustainable buildings: A systematic literature review on the circular economy in the built environment. In: *Journal of Cleaner Production*, 260.
- 31 Hanfstein: <https://www.hanfstein.eu/> [zuletzt aufgerufen am 21.03.2022]; Espazium: [www.espazium.ch/de/aktuelles/hanf-am-bau](http://www.espazium.ch/de/aktuelles/hanf-am-bau) [zuletzt aufgerufen am 21.03.2022]; Hanf Haus: <https://hanfhaus.de/geschichte-i-2.html> [zuletzt aufgerufen am 21.03.2022].
- 32 TIS Innovation Park (2012). Zukunft wächst auf Bäumen. Zahlen, Daten, Fakten rund um Wald und Holz; Unternehmensverband Südtirol (2015). Verstärkte Holznutzung: unsere Ressource. Holzcharta 2015-2020. Bozen. [https://www.proramus.com/smardedit/documents/content/sub/\\_published/TIS\\_holzcharta\\_DE\\_cover\\_einzeln\\_1.pdf](https://www.proramus.com/smardedit/documents/content/sub/_published/TIS_holzcharta_DE_cover_einzeln_1.pdf) [zuletzt aufgerufen am 21.03.2022].
- 33 Schneidewind, U. (2018). Die große Transformation: Eine Einführung in die Kunst gesellschaftlichen Wandels (Originalausgabe). Fischer Taschenbuch, Frankfurt am Main.
- 34 Landesinstitut für Statistik (ASTAT) (2020). Wohnbevölkerung nach Geschlecht (amtliche Wohnbevölkerung). [https://qlikview.services.sdiag.it/QvAJAXZfc/opendoc\\_notool.htm?document=gemeindedatenblatt.qvw&host=QV5%40titan-a&anonymous=true](https://qlikview.services.sdiag.it/QvAJAXZfc/opendoc_notool.htm?document=gemeindedatenblatt.qvw&host=QV5%40titan-a&anonymous=true) [zuletzt aufgerufen am 16.03.2022]; ASTAT (2012). Volkszählung 2011. Bozen. [https://astat.provinz.bz.it/de/aktuelles-publikationen-info.asp?news\\_action=4&news\\_article\\_id=396330&msckid=8be063b0b4151ec8afd8c45d040b5bb](https://astat.provinz.bz.it/de/aktuelles-publikationen-info.asp?news_action=4&news_article_id=396330&msckid=8be063b0b4151ec8afd8c45d040b5bb) [zuletzt aufgerufen am 16.03.2022]; LAG- Vinschgau (2014). Lokale Entwicklungsstrategie. LEADER 2014-2020. [https://www.provinz.bz.it/land-forst-wirtschaft/landwirtschaft/downloads/de\\_vinschgau.pdf?msckid=3a4510aeb6861teca7d3f5b75cf146cb](https://www.provinz.bz.it/land-forst-wirtschaft/landwirtschaft/downloads/de_vinschgau.pdf?msckid=3a4510aeb6861teca7d3f5b75cf146cb) [zuletzt aufgerufen am 16.03.2022].
- 35 Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) (2019). Leitfaden Nachhaltiges Bauen- Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden. Berlin.
- 36 Ebd. TIS Innovation Park, 2012.
- 37 Ebd. Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency and the United Nations Environment Programme, 2019.
- 38 Ebd. Institut der deutschen Wirtschaft, 2020.
- 39 Ebd. Bastos, J., Batterman, S. & Freire, F., 2014.
- 40 Zebisch, M. et al. (2018). Klimareport – Südtirol 2018. Bozen, Eurac Research. <https://webassets.eurac.edu/31538/1618826782-klimareport-2018-de.pdf> [zuletzt aufgerufen am 16.03.2022].
- 41 ASTAT (2009). Tirol, Südtirol, Trentino. Bozen. [https://astat.provinz.bz.it/downloads/folder2009\\_dt\(1\).pdf](https://astat.provinz.bz.it/downloads/folder2009_dt(1).pdf) [zuletzt aufgerufen am 16.03.2022]; ASTAT (2014). Einkommens- und Vermögensverhältnisse der Haushalte in Südtirol, 2013-2014. Bozen. [https://astat.provinz.bz.it/de/aktuelles-publikationen-info.asp?news\\_action=300&news\\_image\\_id=899486](https://astat.provinz.bz.it/de/aktuelles-publikationen-info.asp?news_action=300&news_image_id=899486) [zuletzt aufgerufen am 16.03.2022].
- 42 Arbeitsförderungsinstitut (AFI) (2017). Wohnen 2030. Neue Perspektiven für Südtirols Wohnungspolitik. Bozen. <http://afi-ipl.org/wp-content/uploads/20170921-AFI-Studie-Wohnen-2030.pdf> [zuletzt aufgerufen am 16.03.2022].
- 43 Wingerter, C. (2014). Allgemeines Umweltbewusstsein. Zusammenstellung sozialwissenschaftlicher Items und Skalen (ZIS). <https://doi.org/10.6102/zis208>.
- 44 Ebd. Földváry Ličina, V. et al., 2018.
- 45 Arrigoni, A. et al. (2017). Life cycle assessment of natural building materials: the role of carbonation, mixture components and transport in the environmental impacts of hempcrete blocks. In: *Journal of Cleaner Production*, 149, 1051-1061. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.161>.
- 46 De Souza, D. M. et al. (2016). Comparative life cycle assessment of ceramic brick, concrete brick and cast-in-place reinforced concrete exterior walls. In: *Journal of Cleaner Production*, 137, 70-82. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.069>.
- 47 Angepasst an Talang, R. P. N. & Sirivithayapakorn, S. (2018). Comparing environmental burdens, economic costs and thermal resistance of different materials for exterior building walls. *Journal of Cleaner Production*, 197, 1508-1520.
- 48 Ip, K. & Miller, A. (2012). Life cycle greenhouse gas emissions of hemp-lime wall constructions in the UK. *Resources, Conservation and Recycling*, 69, 1-9.
- 49 Informationen zum Messinstrument Circularity Calculator: <http://www.circularitycalculator.com/free/> [zuletzt aufgerufen am 19.04.2022].
- 50 Informationen zum Messinstrument Circular Economy Toolkit: <http://circulareconomytoolkit.org/Assessmenttool.html> [zuletzt aufgerufen am 19.04.2022].
- 51 Ebd. Eberhardt, L. C. M., Birkved, M. & Birgisdottir, H., 2022; Ebd. Munaro, M. R., Tavares, S. F. & Bragança, L., 2020; Hossain, M. U. & Ng, S. T. (2018). Critical consideration of buildings' environmental impact assessment towards adoption of circular economy: An analytical review. In: *Journal of Cleaner Production*, 205, 763-780.



**Eurac Research**  
Drususallee 1  
39100 Bozen  
**T** +39 0471 055 055  
info@eurac.edu  
**www.eurac.edu**