

Praxis- und Meilensteinbericht zum Arbeitspaket 3



Arbeitspapier im Arbeitspaket 3 (AS 3.4)

im INNOLAB Projekt: „Living Labs in der Green Economy: Realweltliche Innovationsräume für Nutzerintegration und Nachhaltigkeit“

**Jörg Krein, Anton Faller (Fraunhofer IMS),
Alexander Zurkan (SODA GmbH),
Justus von Geibler, Karin Stadler (Wuppertal Institut)**

Unter Mitarbeit von: Melanie Eiting (Fraunhofer IMS),
Julius Piwowar (Wuppertal Institut)

Duisburg, März 2017



INNOLAB

Kontakt zu den AutorInnen:

Jörg Krein

Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS

Tel.: 0203 713967-293

E-Mail: Joerg.Krein@ims.fraunhofer.de

Projektlaufzeit:

03/2015 - 02/2018

Projektkoordination:

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie GmbH

Forschungsgruppe Nachhaltiges Produzieren und Konsumieren

Dr. Justus von Geibler

42103 Wuppertal, Döppersberg 19

Tel.: 0202-2492 -183 /-168

E-Mail: justus.geibler@wupperinst.org

Weitere Informationen unter:

www.innolab-livinglabs.de

Vorschlag zur Zitation:

Krein, J. / Faller, A. / Zurkan, A. / Geibler, J.v. / Stadler, K. (2017): Praxis- und Meilensteinbericht zum Arbeitspaket 3. Arbeitspapier im Arbeitspaket 3 (AS 3.4) des INNOLAB Projekts. Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS, Duisburg.

Das Projekt INNOLAB wird im Rahmen der sozial-ökologischen Forschung zum Themenschwerpunkt „Nachhaltiges Wirtschaften“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01UT1418A-D gefördert und vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) als Projektträger begleitet.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
Zusammenfassung	1
1 Einleitung	3
1.1 Thema und Ziel des Praxisprojekts.....	3
1.2 Projekthintergrund.....	4
1.3 Aufbau des Dokuments.....	5
2 Bedarfsanalysen im Anwendungsfeld	6
2.1 Anforderungsanalyse	6
2.2 Marktüberblick.....	8
2.2.1 Wohnraumsensoren der Gebäudeautomation	8
2.2.2 Mobile Sensoren zur Datenaufzeichnung und Übermittlung.....	8
2.2.3 Fenstergriffe	8
2.3 Ergebnisse der Bedarfsanalysen im Anwendungsfeld.....	9
3 Technologiescreening und Ideengenerierung	10
3.1 Ideenfindung	10
3.2 Geschäftsmodellentwicklung	11
3.3 Ergebnisse des Technologiescreenings	12
4 Prototypentwicklung	13
4.1 Funktionstest.....	14
4.2 Entwicklung der Lüftungsempfehlungen	15
5 Nutzungsevaluation im Living Lab und Nachhaltigkeitsbewertung.....	16
5.1 Nutzungsevaluation	16
5.1.1 Methodisches Vorgehen und Setting	16
5.1.2 Ergebnisse der Nutzungsevaluation	19
5.2 Nachhaltigkeitsbewertung.....	23
5.2.1 Methodischen Vorgehen und Setting	23
5.2.2 Ergebnisse	24
6 Erfahrungen zum Living Lab Ansatz und der genutzten Methoden.....	27

6.1	Das inHaus1 als Living Lab	27
6.2	Auswirkungen auf Prototyp und Geschäftsmodell	27
6.3	Methodennutzung in der Praxis	28
6.4	SWOT Analyse zur Umsetzung des Living Lab Ansatzes	30
7	Schlussfolgerungen	31
8	Literaturverzeichnis	32
	Anhang	34

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Integration der Stakeholder in einem visuellen Protokoll	1
Abb. 2	Value Proposition Canvas	10
Abb. 3	Ideensammlung mit Hilfe des Business Model Canvas	12
Abb. 4	Fenstergriff der Firma SODA und Beschreibung des Nutzerinterfaces	13
Abb. 5	Auszug der Temperaturmessungen im Wohnzimmer zum Vergleich.	15
Abb. 6	Umgebung der Nutzungsevaluation im inHaus1 und Screenshot des Wizard Interface	17
Abb. 7	Boxplot-Diagramm mit Bewertungen der drei Feedbackmodalitäten.	20
Abb. 8	Boxplot-Diagramm mit Bewertungen der Notifications mit/ohne Informationen über Luftqualität	21
Abb. 9	Hierarchische Anordnung der Antwortkategorien auf die Frage nach der Rezeption	22
Abb. 10	Hierarchische Anordnung der Antwortkategorien auf die Frage nach Verbesserungsvorschlägen ..	23
Abb. 11	Ergebnisse der Nachhaltigkeitsbewertung – SDG-Check Stufe 1 im AP 3.....	25
Abb. 12	Ergebnisse der Nachhaltigkeitsbewertung – SDG-Check Stufe 2 im AP 3.....	26

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Anforderungen der Stakeholder-Gruppen nach Oberbegriffen zusammengefasst	7
Tab. 2	Living Lab Ansatz und seine Stärken und Schwächen, Chancen und Risiken im Praxisprojekt.....	30

Abkürzungsverzeichnis

ANOVA	(Analysis of Variance) Varianzanalyse
AP	Arbeitspaket
BMC	Business Model Canvas
BMN	Business Model Navigator
inHaus1	Living Lab 1 des Fraunhofer-inHaus-Zentrums in Duisburg für privates Wohnen
M	Mittelwert
SD	Standardabweichung
VOC	(volatile organic compound), flüchtige organische Verbindungen in der Luft

Zusammenfassung

Das vorliegende Papier ist die Abschlussdokumentation von Arbeitspaket 3 „Nachhaltiges Lüften im privaten Raum“ des Projektes „Living Labs in der Green Economy: Realweltliche Innovationsräume für Nutzerintegration und Nachhaltigkeit“ (INNOLAB). Das Projekt wird im Rahmen der Sozial-ökologischen Forschung zum Themenschwerpunkt „Nachhaltiges Wirtschaften“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert. Dieses Dokument erfüllt Meilenstein M3 und stellt die durchgeführten Tätigkeiten und Ergebnisse aller am Arbeitspaket (AP) 3 beteiligten Partner vor.

Das AP 3 ist eines von drei Praxisprojekten zur Demonstration von Umsetzung und Effekten von Nachhaltigkeitsinnovationen in Living Labs. In diesem Praxisprojekt wurde am Beispiel „Nachhaltiges Lüften“ das Potential des Living Lab Ansatzes in den Bereichen Co-Creation, Prototyping und Anwendungsszenarien evaluiert. Zu diesem Zweck wurde beispielhaft der Prototyp einer Elektronik für nachhaltige Lüftungsempfehlungen erweitert und getestet. Die vom Praxispartner entwickelten multisensorischen Fenstergriffe sollen zukünftige Nutzer bei einem energieoptimierten Lüftungsverhalten in Räumlichkeiten unterstützen. Die folgende Abbildung verdeutlicht den Ablauf des Entwicklungsprozesses im Living Lab anhand eines visuellen Protokolls.

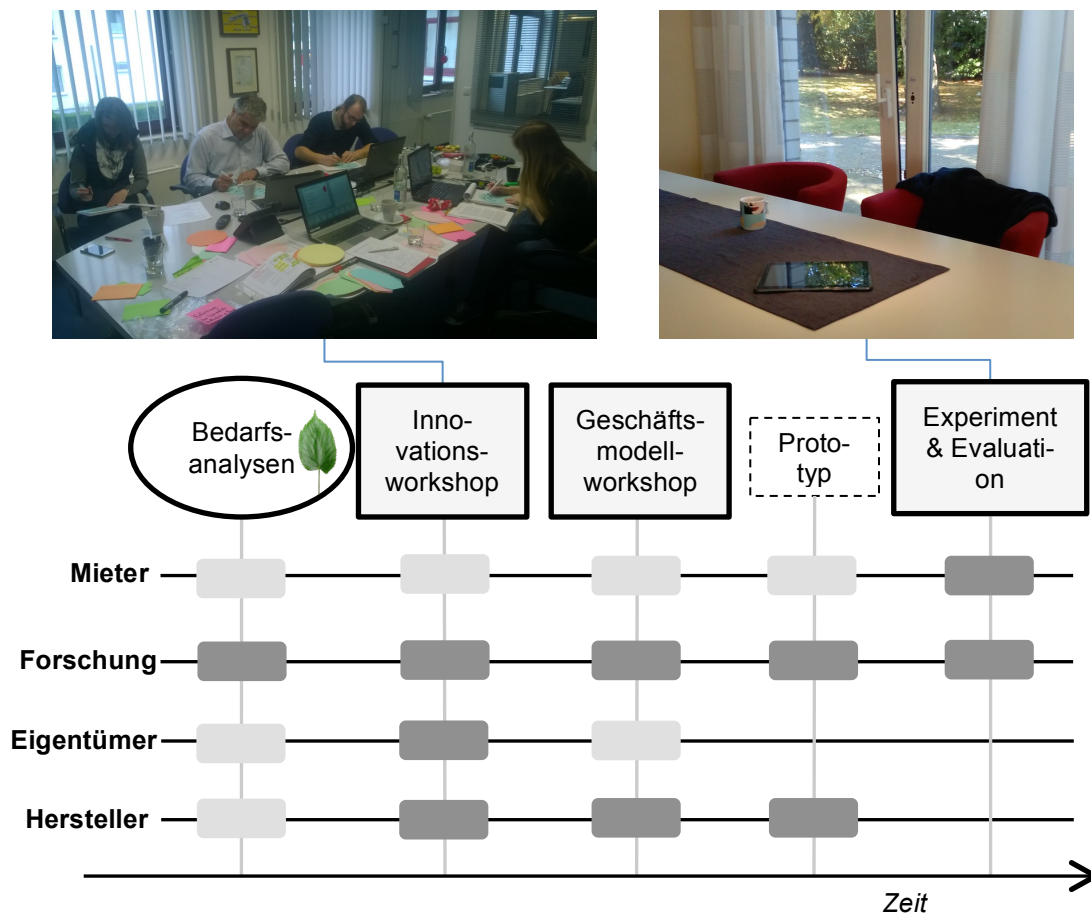


Abb. 1 Integration der Stakeholder in einem visuellen Protokoll (basierend auf Brankaert, den Ouden, & Brombacher, 2015)

Unter früher Einbeziehung relevanter Stakeholder wurden zunächst die Anforderungen für das zukünftige Produkt definiert. Eine nachfolgende Marktanalyse lieferte Hinweise über bereits existierende Produkte und mögliche Chancen für neue Innovationen. In gemeinsamen Workshops wurden anschließend Ideen für Optimierungen und Erweiterungen des Produktes erarbeitet und neue Geschäftsmodelle bzw. Erweiterungen des bestehenden entwickelt. Anschließend wurde der Prototyp mit Funktionen erweitert, die erste Tests der Nutzerakzeptanz ermöglichten. Im Rahmen der darauf folgenden Studie wurde untersucht, wie gut zukünftige Nutzer verschiedene Arten der Interaktion akzeptieren würden. Als wichtigstes Ergebnis der Studie ist die positive Nutzerakzeptanz des Systems unter folgenden Bedingungen zu nennen:

- dezente Signale zur Ankündigung der Empfehlung (Feedbackmodalität)
- Lüftungsempfehlungen mit Informationen über Luftqualität
- service-orientierter Charakter des Gesamtsystems

Die frühe Einbindung der Nutzer im Living Lab und die frühe Geschäftsmodellentwicklung lieferten dem Praxispartner wertvolle Erkenntnisse für seine spätere Produktentwicklung. Kritische Produktentscheidungen, z. B. zur Art des Nutzerfeedbacks, wurden somit frühzeitig identifiziert. Grundlegend konnte ein tiefergehendes Verständnis für nicht-technische Aspekte, wie emotionales und kognitives Nutzungserleben, vermittelt werden.

Folgende Potentiale des Living Lab Ansatzes für eine Green Economy konnten im Rahmen dieses Projekts aufgezeigt werden:

- Unterstützung des Herstellers bei der Erarbeitung neuer Produktideen und Geschäftsmodelle
- Frühe Erfassung von Nutzerperspektiven für die Prototypenentwicklung
- Optimierung des Prototyps im Hinblick auf Nutzerakzeptanz

1 Einleitung

Im Folgenden werden das Thema des Berichtes, das Ziel und der Hintergrund des Projekts sowie der Aufbau des Dokuments dargestellt.

1.1 Thema und Ziel des Praxisprojekts

Innovationen werden eine große Bedeutung beigemessen, wenn es darum geht die globalen Herausforderungen unserer Gesellschaft zu meistern. Sie sollen zu den Veränderungen des Produktions- und Konsumsystems beitragen, die in Anbetracht der deutlich werdenden planetaren Grenzen (Rockström, Steffen, Noone, Persson, & Chapin, 2009) von verschiedenen Akteuren gefordert werden (Jacob, Graaf, Werland, & Langsdorf, 2016). Die Entstehung solcher der nachhaltigen Entwicklung dienlichen Innovationen lässt sich nur durch das Zusammenspiel nachhaltigkeitspezifischer Einflussfaktoren (z. B. Nachhaltigkeitsorientierung von Akteuren, Umweltgesetzgebung etc.) sowie nachhaltigkeitsunspezifischer Faktoren (Verfügbarkeit neuer Technologien, Gewinninteressen, Wettbewerbsstrategien etc.) erlangen (Fichter & Antes, 2007). Dies erfordert die Einbeziehung von Stakeholdergruppen und die methodische Unterstützung der Interaktion in transdisziplinären Prozessen.

In insgesamt drei Praxisprojekten des INNOLAB Projektes wurden die Umsetzung und Effekte von Nachhaltigkeitsinnovationen in Living Labs in den für nachhaltige Konsummuster relevanten Handlungsfeldern Wohnen, Einzelhandel und Mobilität demonstriert.

Für das Praxisprojekt im privaten Raum wurde das Thema „Prädiktives Wohnen, Nachhaltiges Lüften“ gewählt. Entwicklungen im Bereich Wohnen müssen die enge Verzahnung von Lüften und Heizen berücksichtigen, wenn nachhaltige Produkte entstehen sollen. Luftfeuchtigkeit und Raumtemperatur müssen dabei sinnvoll miteinander in Bezug gesetzt werden, sonst drohen neben einer Reduktion der Wohnqualität auch Schäden an der Gebäudesubstanz durch Feuchtigkeit und Schimmel. Bisher wurden vielfach alleinstehende Lösungen entwickelt, bei denen weder die gegenseitigen Abhängigkeiten noch Nutzerkenntnisse ausreichend berücksichtigt wurden.

Mit dem Ansatz einer nutzerzentrierten Entwicklung mit Hilfe von Living Labs kann insbesondere die Nutzerpsychologie, sowie die für das Zusammenspiel von Technik und menschlichem Verhalten erforderliche Usability, berücksichtigt werden (Geibler, et al., 2013). Ohne diese enge Einbeziehung in die Konzeption und Entwicklung des Gesamtsystems kann es zu Akzeptanzproblemen und Rebound-Effekten kommen. Eine reine Laboruntersuchung ist im Gegensatz nicht zielführend, da hierbei eine Nutzerabhängigkeit maximal simuliert wird und damit ungenaue Ergebnisse entstehen können.

Ziel des Praxisprojekts war die Demonstration des Living Lab-Potentials für Co-Creation, Prototyping und die Abbildung von Anwendungsszenarien. Dazu wurde,

gemeinsam mit einem Partner aus der Industrie, die Weiterentwicklung eines Prototyps zur nachhaltigen Lüftungsempfehlung getestet und evaluiert.

Folgende Forschungsfragen wurden dabei betrachtet:

- Wie kann im Bereich Wohnen das Living Lab die Entwicklung unterstützen, in Hinblick auf Minimierung von Rebound-Effekten und Lösung von Akzeptanzproblemen?
- In welcher Form muss dazu das Living Lab in den Innovationsprozess eingebunden sein?
- Welche Schlüsselfaktoren für eine erfolgreiche Geschäftsmodellentwicklung und Marktdiffusion (Treiber, Hemmnisse) bestehen im Living Lab für die beteiligten Akteure?

1.2 Projekthintergrund

Der vorliegende Bericht ist im Rahmen des vom BMBF geförderten Projekt „Living Labs in der Green Economy: Realweltliche Innovationsräume für Nutzerintegration und Nachhaltigkeit“ (kurz INNOLAB) entstanden.

Das Projekt zielt auf die Demonstration der Leistungskraft von Living Labs in der Green Economy ab. Im INNOLAB-Projekt werden Assistenzsysteme für eine verbesserte Mensch-Technik-Interaktion in drei Handlungsfeldern (Mobilität, Wohnen und Einkaufen) mit dem Living Lab Ansatz entwickelt und entsprechende Geschäftsmodelle konzipiert. In drei Living Labs (dem Fraunhofer-inHaus-Zentrum in Duisburg, dem Innovative Retail Laboratory in St. Wendel und den Praxlabs in Siegen) entwickeln und testen Unternehmen und Forschungseinrichtungen neue Produkte und Dienstleistungen unter Einbezug von Nutzern. Dieser Ansatz ermöglicht eine frühzeitige Integration von Nachhaltigkeitsaspekten in Innovationsprozesse. Zudem bauen die Projektpartner das nationale und internationale Netzwerk aus und entwickeln eine Roadmap zur Stärkung des Living Lab Ansatzes im Forschungs- und Innovationssystem.

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Sozial-ökologischen Forschung zum Themenschwerpunkt „Nachhaltiges Wirtschaften“ gefördert. Das Verbundprojekt wird vom Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (Verbundkoordination), dem Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, dem Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS, der Universität Siegen, dem Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Neue Medien und vom Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH gemeinsam mit den vier Praxispartnern GS1 Germany, ARGE REGIO Stadt- und Regionalentwicklung GmbH, infoware GmbH und SODA GmbH durchgeführt.

1.3 Aufbau des Dokuments

Der weitere Bericht ist wie folgt gegliedert:

Nach der Einleitung folgt, entsprechend den geplanten Arbeitsschritten von AP 3, die Analyse der Anforderungen des Marktes (Kapitel 2). Darauf aufbauend folgt die Entwicklung von Produktideen und dazu passenden Geschäftsmodellen (Kapitel 3). Im Anschluss folgt das gemeinsam mit dem Praxispartner durchgeführte Prototyping (Kapitel 4). Im darauf folgenden Kapitel 5 wird die Nutzerstudie mit ihren Ergebnissen dargestellt. Im Anschluss folgen die Ergebnisse der Nachhaltigkeitsbewertung durch das Wuppertal Institut. In Kapitel 6 werden die Erfahrungen zum Living Lab Ansatz und der jeweiligen genutzten Methoden diskutiert. Das Kapitel 7 fasst die Ergebnisse noch einmal zusammen und leitet zusammenfassend eine Schlussfolgerung aus dem Praxisprojekt ab.

2 Bedarfsanalysen im Anwendungsfeld

Gemäß dem vereinbarten Arbeitsprogramm im AP 3 ging es im ersten Arbeitsschritt 3.1 zunächst um die inhaltliche Ausrichtung des Praxisprojekts. Als erstes wurden relevante Bereiche mit Optimierungsbedarf und -potential hinsichtlich des manuellen Lüftungsverhaltens identifiziert. Gemeinsam mit dem Praxispartner wurden dazu Nutzen und Anforderungen an ein Lüftungsunterstützungssystem erarbeitet. Der Fokus wurde dabei auf bereits existierende Gebäude gelegt. Zum einen ist der Markt der Bestandsimmobilien größer, zum anderen stehen bei Neubauten bauliche Vorkehrungen zur Lüftungsoptimierung im Vordergrund. In Deutschland finden gerade in den letzten Jahren Sanierungsmaßnahmen mit dem Ziel des energieeffizienten und umweltschonenden Wohnens stärkere gesellschaftliche und wirtschaftliche Beachtung. In der Energiebilanzstudie für private Haushalte wurde ermittelt, dass Raumwärme im Jahr 2012 mit 68,4% den höchsten Roh-Energieverbrauch verzeichnete (Frondel & Ritter, 2013). Auch wird in Bestandswohngebäuden die Belüftung der Räume hauptsächlich über die manuelle Fensterlüftung (Eicke-Hennig, 1999), und die Raumtemperatur lediglich über die Heizung geregelt. Somit wurde als mögliches Ziel im Praxisprojekt „Nachhaltiges Lüften“ ein System vorgesehen, welches das Lüften in bestehenden Wohnungen optimiert.

Um diesen Markt möglichst genau abzubilden, sollten nun die Anforderungen der wichtigsten Stakeholder herausgearbeitet werden (Kapitel 2.1).

2.1 Anforderungsanalyse

Systemhersteller, Wohnungsgesellschaften, Mieter und Eigentümer wurden vorab als zentrale Stakeholder identifiziert. In einer qualitativen Befragung wurden nun die jeweiligen Bedürfnisse und Anforderungen an ein System zur Unterstützung eines optimierten Lüftungsverhaltens zusammengetragen. Dabei ergaben sich viele überlappende Ziele der jeweiligen Stakeholder. So wurde beispielsweise gruppenübergreifend das Bedürfnis geäußert, dass die Montage ohne großen Aufwand durchführbar sein soll. Weiterhin sind intuitive, einfache Handhabung und Bedienbarkeit Konsens. Der Mehrwert sollte klar ersichtlich sein und ergibt sich vor allem aus der Reduktion der Heizkosten und dem Erhalt der Bausubstanz. Gesammelte Bedürfnisse und Anforderungen an das System sind in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zusammenfassend aufgeführt.

Die Anforderung zur Nachhaltigkeit wird durch das angestrebte System insbesondere dadurch berücksichtigt, als dass die ausgeführten Lüftungsempfehlungen zu einer effizienten Raumwärme- und Energienutzung verhelfen und durch die Prävention von Schimmel und Verbesserung des Raumklimas zur Gesundheit der Nutzer beitragen.

Tab. 1 Anforderungen der Stakeholder-Gruppen nach Oberbegriffen zusammengefasst

Stakeh. Anford.	System-hersteller	Wohnungs-gesellschaft	Eigentümer	Mieter
Akzeptanz	Hohe Akzeptanz bei allen Kundengruppen	Mieter nicht stören (im Alltag sowie in der Privatsphäre), Produkt als Verbesserung der Wohnqualität und -attraktivität	Erhöhte Akzeptanz durch Sicherheitsaspekt, Selbstbestimmtes Leben für ältere Menschen	Erhöhte Akzeptanz durch Sicherheitsaspekt, Selbstbestimmtes Leben für ältere Menschen
Kosten	Es sollten keine Folgekosten (durch Service etc.) entstehen	Amortisation lang- bis mittelfristig, Reduktion von Heiz-, Verwaltungs-, Rechtsstreits- und Sanierungskosten, Schimmelprävention und Wohlfühlfaktor	Der Mehrwert muss unmittelbar ersichtlich sein, Geldersparnis, Schimmelprävention	Der Mehrwert muss unmittelbar ersichtlich sein, Geldersparnis
Bedienbarkeit	Intuitive Bedienung, übersichtliche Anzahl Funktionen	Bedienung ohne „Belästigung“ des Mieters	Intuitive Bedienung	Intuitive Bedienung
Montage/Installation	Montage/ Wartung möglichst selbstst. durch Nutzer „Plug & Play“	Montage ohne „Belästigung“ des Mieters	„Plug & Play“, drahtlose Produkte.	„Plug & Play“
Systemautarkie und Service	Updates ohne Mehraufwand Produkt und Funktionen beliebig erweiterbar, kombinierbar bzw. einstellbar	Produkt soll autark, ohne weitere Tools/ Services funktionieren	Produkt soll autark, ohne weitere Tools funktionieren, Möglichkeit eigenes System zu verbinden/ erweitern	-
Langlebigkeit	Batteriewechsel/ Kontrollen frühestens alle 2 Jahre	Erwartete Lebensdauer von Mechanik 20 und von Elektronik 10 Jahren	Lebensdauer vergleichbar mit herkömmlichen Produkten	Lebensdauer vergleichbar mit herkömmlichen Produkten
Sonstige	Passung auf unterschiedliche Fensterprofile	Manipulations-sicherheit	-	Zugang zu Daten und Informationen der Messung Schutz der Daten

2.2 Marktüberblick

Um das Verbesserungspotential im Bereich des nachhaltigen Lüftens zu bestimmen, erfolgte eine Betrachtung der aktuell am Markt erhältlichen Sensorik. Damit eine Lüftungsempfehlung erfolgen kann, ist die sensorische Erfassung von (zumindest) Luftqualität (CO₂, VOC) und Luftfeuchtigkeit erforderlich. Um einen tatsächlichen Nutzen für den Kunden zu generieren, muss die Sensorik direkt oder indirekt einen Hinweis erzeugen können.

2.2.1 Wohnraumsensoren der Gebäudeautomation

Es existieren bereits verschiedene Systeme auf dem Markt, die als Wohnraumsensoren Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Helligkeit und teilweise auch den CO₂-Gehalt in der Raumluft ermitteln und weiterleiten. Die Mehrzahl der verfügbaren Geräte können jedoch keine Auswertung der Daten vornehmen und somit auch keine Lüftungsempfehlung generieren. Der Nutzer ist daher auf seine eigenen Kenntnisse zum nachhaltigen Lüftungs- und Heizungsverhalten angewiesen. Entsprechende Systeme eignen sich insbesondere für das Zusammenspiel mit Lüftungsanlagen. Da diese vom Nutzerverhalten unabhängig sind, können sie eine angenehme Raumluft gewährleisten. Ohne Lüftungsanlage kann die gewünschte Funktionalität nicht erreicht werden.

2.2.2 Mobile Sensoren zur Datenaufzeichnung und Übermittlung

Mobile Sensoren ermöglichen eine ortsunabhängige Klimamessung. Auch diese Systeme dienen zunächst als Datensammler, können jedoch, wie die Wohnraumsensoren, ihre Informationen zur Weiterverarbeitung übermitteln. Häufig kommen solche Sensoren zum Einsatz, um an ausgewählten Orten bei Überschreitungen bestimmter Grenzwerte Alarmsignale an den Nutzer zu senden.

Auch gibt es Sensoren mit zugehörigen Smartphone-Apps. Diese bieten ebenfalls die Möglichkeit Temperatur, Feuchtigkeit, Luftqualität, CO₂-Gehalt und Lautstärke zu ermitteln. Die Stärken dieser Systeme liegen zumeist in der Informationsvisualisierung und weniger in der alltäglichen Unterstützung für ein optimiertes Lüftungs- und Heizverhalten.

2.2.3 Fenstergriffe

In dem Bereich der Fenstergriffsensorik sind aktuell zwei Hersteller zu nennen, der Praxispartner SODA GmbH und die Fa. Klimagriff. Die Griffe beider Hersteller nutzen Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensoren zur Bewertung der Raumqualität und Generierung einer Lüftungsempfehlung.

Diese Systeme bieten den Vorteil, dass Fenstergriffe bereits vorhanden und dem Anwender vertraut sind. Sie bieten eine erhöhte Akzeptanz und müssen nur noch um zusätzliche Funktionalitäten erweitert werden. Die Fenstergriffe beider Hersteller bie-

ten die Möglichkeit, den Anwender durch Benachrichtigungen bei der richtigen Lüftung zu unterstützen.

Die Firma Klimagriff geht hierbei den Weg, die Nutzerführung durch ein Display am Fenstergriff selbst durchzuführen. Die Lüftungsempfehlung wird über eine einfache LED-Anzeige gegeben. Messwerte über einen bestimmten Zeitraum werden im Griff abgespeichert und können später zur Analyse und Dokumentation mit Zusatzgeräten aus dem Griff ausgelesen werden.

Der Fenstergriff der Firma SODA verfügt über die Möglichkeit den Griff mittels Funktechnologien in ein vorhandenes Smart Home System einzubinden. Dazu werden verschiedene Protokolle angeboten (z. B. EnOcean oder Bluetooth Smart). Mit Hilfe von zusätzlicher Sensorik zur Erfassung der Luftqualität soll der Griff im Rahmen des Praxisprojekts um die Fähigkeit einer lokalen Lüftungsempfehlung erweitert werden. Die Benachrichtigung soll dabei lokal mittels visuellen oder akustischen Signalen erfolgen und optional über die vorhandene Funktechnologie weitergeleitet werden.

2.3 Ergebnisse der Bedarfsanalysen im Anwendungsfeld

Alle befragten Interessengruppen zeigten am Thema Nachhaltiges Lüften gesteigertes Interesse. Als Ziel einer Optimierung in diesem Bereich ergab sich vor allem die Schimmelvermeidung unter Berücksichtigung von Energieverbrauch und Behaglichkeit. Insbesondere die energetische Sanierung hat Nebeneffekte verursacht, denen durch eine Nutzeraufklärung zum Thema Lüften bzw. durch Assistentensysteme zur Lüftungsunterstützung entgegengewirkt werden kann.

Weiterhin wird nach Lösungen gesucht, die bei Inbetriebnahme und Wartung nur geringe Kosten verursachen und für mindestens 10 Jahre nutzbar sein sollen. Zwar ist das Thema Akzeptanz ebenfalls allen Stakeholdern wichtig, jedoch sind hier auch Zielkonflikte erkennbar. Das Thema Datenschutz sollte daher bei der Entwicklung eines solchen Systems hinreichend beachtet werden.

Die Marktrecherche ergab, dass trotz der bekannten Problematik aktuell keine ausreichend akzeptierten Lösungen auf dem Markt etabliert sind. Eine weitere Entwicklung, ausgerichtet an den Anforderungen der Stakeholder, erscheint daher sinnvoll.

3 Technologiescreening und Ideengenerierung

Im Arbeitsschritt 3.2 galt es, aus den zuvor ermittelten Anforderungen Lösungsansätze zu konzipieren und zu evaluieren, die nachhaltiges Lüften im privaten Raum ermöglichen und dazu beitragen Rebound-Effekte zu vermeiden. Grundlage für die weiteren Überlegungen war das bereits existierende Produkt des Praxispartners. Dieses sollte um sinnvolle Funktionen erweitert werden. Gemeinsam mit den beteiligten AP 3-Partnern wurden dazu zwei Workshops durchgeführt.

Inhalt des ersten Workshops war die Ideengenerierung zur Ausgestaltung eines Produkts, das den ermittelten Anforderungen der Stakeholder gerecht wird. Der zweite Workshop diente zur Entwicklung von Geschäftsmodellen, basierend auf den zuvor erarbeiteten Ideen.

3.1 Ideenfindung

Die Entwicklung neuer Produktideen lehnte sich am Leitfaden des *Value Proposition Design* (Osterwalder & Pigneur, 2015) an. Wie der Name schon andeutet, orientiert sich diese Methodik stark am Nutzenversprechen. Sie setzt voraus, dass der Nutzer früh in die Entwicklung mit einbezogen wird. Dadurch sollen unnötige Funktionalitäten vermieden und die für den Kunden relevanten Eigenschaften optimiert werden. Die Methodik bietet dafür einige praxisorientierte Vorschläge zur Generierung neuer Ideen. Drei Phasen werden dabei unterschieden: Design, Test und Weiterentwicklung. In diesem Arbeitsschritt wurde ausschließlich der Designaspekt untersucht.

Ein Hilfsmittel bei der Gestaltung neuer Geschäftsideen nach diesem Ansatz ist der *Value Proposition Canvas* (Abb. 2). Er beschreibt den Zusammenhang zwischen Kundenanforderungen und Wertangebot des Unternehmens.

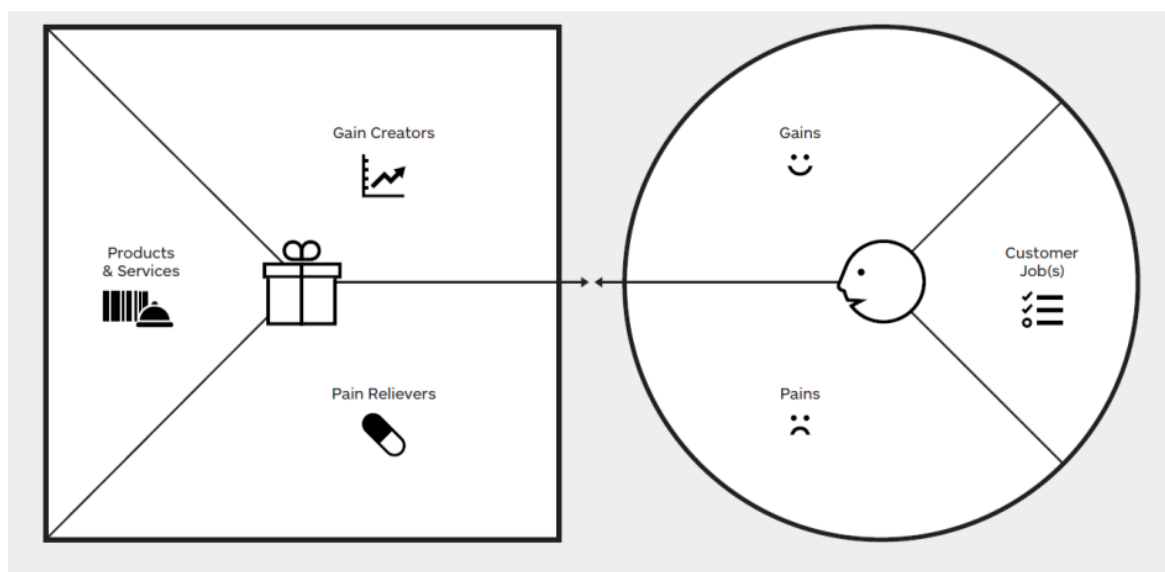


Abb. 2 Value Proposition Canvas (Osterwalder et al., 2015)

Anhand dieser Vorlage wurden im Rahmen eines Workshops neue Ideen zur Produktgestaltung erarbeitet und anschließend mit den Kundenbedürfnissen abgeglichen. Im Fokus waren dabei die Bedürfnisse der Stakeholder, die im Arbeitsschritt 3.1 ermittelt wurden.

Darauf basierend wurden im Anschluss mehrere Kreativmethoden zur Ideengenerierung angewandt. Wichtige Wertangebote wurden ausgewählt und in Gruppenarbeit dazu passende Marktsegmente skizziert. Nachfolgend ging es um die Identifizierung der Probleme, Ziele und Motivationen der Kunden. Dabei kamen die Kreativtechniken Assoziationsmethode, Negativkonferenz und Provokationstechnik zum Einsatz.

Im letzten Schritt wurden die entstandenen Ideen mit Hilfe eines Kriterien-Brainstorming bewertet. Anhand der für den Praxispartner relevanten Kriterien, wurden zwei Ideen für die anschließende Geschäftsmodellentwicklung ausgewählt.

3.2 Geschäftsmodellentwicklung

Die Kombination aus Geschäftsmodellentwicklung und Living Lab Ansatz für nachhaltige Entwicklung versprach viele Synergieeffekte. Beide Ansätze verfolgen das Ziel, innovativen Produkten oder Dienstleistungen einen erfolgreichen Markteintritt zu ermöglichen, Risiken zu minimieren und ihre Potentiale auszuschöpfen. Im Zuge eines Workshops mit den Projektpartnern ließ sich diese Annahme durch den Einsatz ausgewählter Methoden bestätigen (Behrend, 2016). Als Methoden kamen dabei der St. Galler *Business Model Navigator* (BMN; Gassmann, Frankenberger & Csik, 2013) und das *Business Model Canvas* (BMC; Osterwalder & Pigneur, 2010) zum Einsatz.

Für die zuvor generierten Ideen sollten konkrete Geschäftsmodelle entwickelt werden. Nach dem Prinzip des BMN können neue Geschäftsmodelle aus der Rekombination von 55 universellen Geschäftsmodellmustern entstehen. Diese wurden als Karten an die Workshop Teilnehmer verteilt und dienten als Grundlage für die Evaluierung neuer möglicher Geschäftsmodelle. Die so entstandenen Geschäftsideen wurden anhand des BMC (Abb. 3) weiter ausdefiniert und auf Tauglichkeit evaluiert. Der Canvas stellt die wichtigsten Bereiche eines Geschäftsmodells übersichtlich dar und lässt deren Abhängigkeiten und Gewichtungen deutlich werden. Im Rahmen eines World Cafés wurden daraufhin zwei Geschäftsmodellen die größten Chancen auf Erfolg zugesprochen.

Die erste Idee basiert auf der Erweiterung des bestehenden Produkts um die Fähigkeit der CO₂-Messung und der daraus resultierenden Fähigkeit eine Lüftungsempfehlung anzuzeigen. Ergänzend soll eine Smartphone-Applikation die Informationen des Fenstergriffes aufgearbeitet an den Nutzer übermitteln. Bei diesem Ansatz können auf bestehende Vertriebskanäle zurückgegriffen und neue Marktbereiche erschlossen werden.

Die zweite Idee kombiniert die Lüftungsempfehlung mit einer Beratungsdienstleistung. Hier steht das Bedürfnis des Kunden im Vordergrund, Schimmel zu verhindern

und Heizkosten zu sparen. Eine Kombination des Produktes mit einer Energieberatung würde daher dem Nutzer nachhaltig bei der Erreichung dieser Ziele helfen. Zusätzlich wird dadurch statt eines Kaufs auch ein Leasing des Systems möglich.



Abb. 3 Ideensammlung mit Hilfe des Business Model Canvas (Osterwalder et al., 2010)

3.3 Ergebnisse des Technologiescreenings

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich die aktuelle Produktbasis des Praxispartners sehr gut dazu eignet, mit entsprechenden Erweiterungen neue Märkte zu erschließen. Auch lässt sich durch die Anpassung des Geschäftsmodells ein Mehrwert für den Kunden generieren. Die Basis des Geschäftsmodells limitiert sich nicht auf den Verkauf der Hardware, sondern berücksichtigt weitere Modelle wie eine Beratungsdienstleistung, durch die zusätzliche Einnahmen für das Unternehmen generiert werden könnten. Der Arbeitsschritt 3.2 zeigt jedoch auch deutlich, dass die Produkt- und auch Geschäftsmodellideen erst belastbar erprobt werden können, wenn der Nutzer und auch andere Stakeholder in diese Phase der Entwicklung mit einbezogen werden. Im nächsten Schritt galt es zu testen, ob die erarbeiteten Produktideen und Geschäftsmodellinnovationen vom Nutzer in einer alltagsnahen Situation angenommen würden.

4 Prototypentwicklung

Der Arbeitsschritt 3.3 diente zur Umsetzung der Ergebnisse aus den Arbeitsschritten 3.1 und 3.2 in einen Prototyp zur nachhaltigen Lüftungsunterstützung. Anschließend folgte dessen Evaluation in einer alltagsnahen Umgebung (Kapitel 5). Dabei bildete die Einbeziehung potentieller Nutzer eine Grundlage für den Gestaltungsprozess.

„Eine experimentelle Konzeptentwicklung zur offenen Ideengenerierung und die prototypische Umsetzung und Evaluation im Anwendungsfeld bilden Kernkonzepte der Ko-Kreation“ (Meurer, Erdmann, Geibler, & Echternacht, 2015, S. 7)

Bei dem Fenstergriff der Firma SODA handelt es sich um ein nachrüstbares Produkt, welches eine Vielzahl von unterschiedlichen Funktionen und Sensoriken in einem Gehäuse vereint.



Abb. 4 Fenstergriff der Firma SODA und Beschreibung des Nutzerinterfaces

Für den Einsatz als Lüftungsunterstützung sind primär die Sensoren zur Messung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit von Bedeutung. Zusätzlich können die Griffstellung und die Kippstellung des Fensterflügels erkannt werden. Der Griff verfügt über direkte Ein- und Ausgabemöglichkeiten (Abb. 3). Seitlich angebrachte LEDs können rot und grün leuchten und dem Endkunden Hinweise geben. Ein Piezo-Summer ermöglicht akustische Signale. Zwei frontal angebrachte Taster erlauben eine Bedienung am Griff, um zum Beispiel Einstellungen vorzunehmen oder Funktionen zu aktivieren bzw. zu deaktivieren.

Die eigentliche Funktion des Griffs ist die Einbruchserkennung mit lokaler Alarmierung. Durch die integrierte Sensorik kann Gewalteinwirkung auf das Fenster erkannt und durch einen lauten Alarmton gemeldet werden. Diese Funktion trifft bei mehreren Stakeholder auf Interesse und Akzeptanz. Aus Sicht der Geschäftsmodelle ist dies ein wichtiger Aspekt, da somit die Lüftungsfunktion ggf. als sekundäres Feature an neue Zielgruppen vermarktet werden kann.

Zur Anbindung des Fenstergriffs und dessen Sensorik an Smart Home oder anderen Steuersystemen, gibt es Varianten mit unterschiedlichen Funkprotokollen wie z. B. EnOcean und Bluetooth Smart. Sämtliche Informationen des Griffs können somit geloggt und später visualisiert werden. Zusätzlich lassen sich direkte Steuermöglichkeiten generieren, so dass bei zu hoher Luftfeuchtigkeit automatisch eine Broadcast-Meldung geschaltet wird. Entsprechend den Anforderungen aus Kapitel 2.1 soll der SODA Fenstergriff sowohl als lokale Lüftungsempfehlung verwendbar sein, als auch (zusätzlich) in die Steuerung von automatisierten Lüftungsanlagen mit eingebunden werden können. Der Fenstergriff wird mit zwei handelsüblichen 1,5V-AA-Batterien betrieben, die je nach Konfiguration und Ausstattung eine Lebensdauer von 2 bis 5 Jahren haben.

Die bereits auf dem Markt verfügbare Version des Griffs verfügt noch nicht über die Funktionen eines Assistenzsystems zur Lüftungsempfehlung. Der Verkauf läuft primär über die Funktionen als Alarmgriff und die Einbindung als Multi-Sensor-Gerät in Smart Home Systeme. Um die Assistenzfunktion in den vorhandenen Griff zu integrieren, müssen zwei zusätzliche Erkenntnisse gewonnen werden:

- Bei welchen Werten von Temperatur und Luftfeuchtigkeit müssen Lüftungsempfehlungen ausgegeben werden?
- Wie müssen die Lüftungsempfehlungen gestaltet werden, so dass der Nutzer diese als akzeptierte Empfehlung wahrnimmt und nicht durch aufdringliche oder zu häufige Empfehlungen demotiviert wird (Akzeptanzprobleme)?

Ziel des AP 3 ist daher unter anderem, erste Antworten vor allem auf die letzte der beiden Fragen im Rahmen von Living Labs Untersuchungen zu liefern

4.1 Funktionstest

Im Funktionstest wurde die Funktionalität der implementierten Fenstergriffsensorik im inHaus1, für die Parameter Temperatur und Luftfeuchtigkeit, anhand einer Langzeitmessung geprüft. Als Referenz für die in den Fenstergriffen der Firma SODA verbauten Sensoren dienten folgende Klimamessgeräte: acht *testo Saveris 2-H2* mit Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsfühlern unmittelbar an jedem SODA Fenstergriff und zwei *testo 480* je mittig in der oberen und unteren Etage. Der Testzeitraum beläuft sich auf sieben Wochen im Winter. In Abbildung 4 werden die Temperaturmessungen in einem repräsentativen Abschnitt von 10 Tagen veranschaulicht.

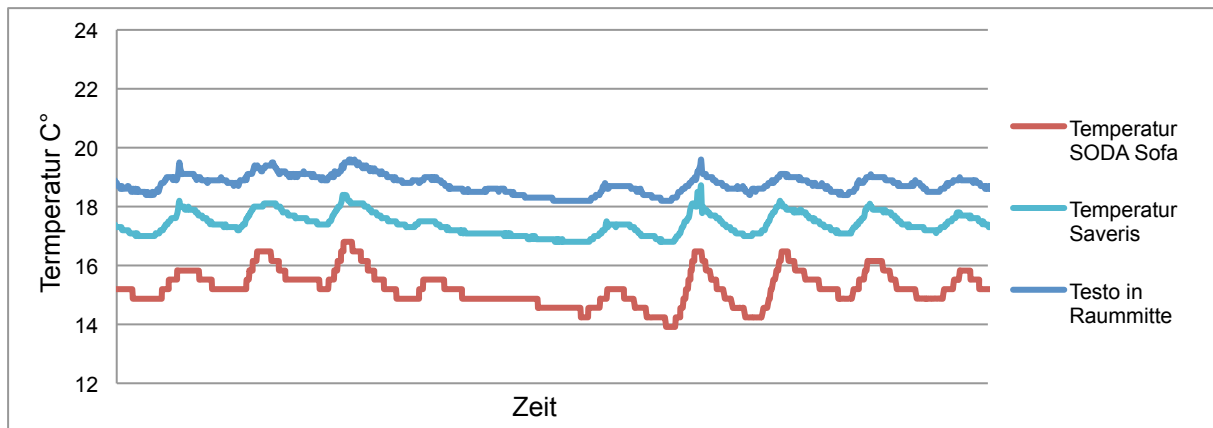


Abb. 5 Auszug der Temperaturmessungen im Wohnzimmer zum Vergleich

In einer Produkt-Moment-Korrelation wurde der lineare Zusammenhang zwischen den Messergebnissen der Multi-Sensor-Fenstergriffe (SODA) und Saveris 2-H2 errechnet, um die Validität der verbauten Sensoren statistisch nachzuweisen. Für den Vergleich an beinahe 14000 Messpunkten ließ sich für die Temperaturmessung eine hohe Vergleichbarkeit bei einem Korrelationskoeffizient $r(13989)=0,71$ feststellen. Und für Luftfeuchtheitsmessungen ergab sich eine sehr hohe Vergleichbarkeit bei einem Korrelationskoeffizient von $r(13993)=0,95$. Somit ließ sich eine hinreichende Effektivität des Produktes bestätigen. Die verbauten Sensoren können Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit angemessen erfassen, um damit Aussagen über Luftqualität und kritische Werte zu treffen.

4.2 Entwicklung der Lüftungsempfehlungen

Mit Hilfe der Anregungen aus Arbeitsschritt 3.2 (Kapitel 3) wurde der Prototyp erweitert: Aus dem Value Proposition Canvas ging hervor, dass sich das System mit dem Smartphone der Nutzer verbinden können soll, um Informationen zu Luftqualität und Lüftungszeit zu vermitteln. Das daraus resultierende Konzept beruht neben den mit Sensoren ausgestatteten Fenstergriffen auf einer App zur Unterstützung eines optimalen Lüftungsverhaltens im Alltag. Dazu werden bei kritischen Messwerten, wie etwa einer relativen Raumluftfeuchtigkeit über 79 % und 23 °C in der Küche (DIN 4108-3, 2014-11), Mitteilungen (Notifications) auf dem mobilen Endgerät angezeigt, welche den Nutzer zu einem optimierten Lüftungsverhalten anleiten sollen. Die Lüftungsempfehlungen wurden gemeinsam mit vier potentiellen Nutzern kreiert, sowohl als Hinweis zum Öffnen des Fensters als auch, sobald die optimale Lüftungsdauer realisiert wurde, zum Schließen.

Durch welche Feedbackmodalitäten sich die Lüftungsempfehlungen bemerkbar machen und welchen Messinformationsgehalt diese beinhalten sollten um Akzeptanzprobleme der Nutzer zu minimieren, wurde in der folgenden Nutzungsevaluationsstudie ermittelt.

5 Nutzungsevaluation im Living Lab und Nachhaltigkeitsbewertung

Viele Innovationen mit hohen Nachhaltigkeitspotentialen scheitern an mangelnder Nutzerakzeptanz (Geibler, et al., 2013). Sie ist ein entscheidendes Kriterium für den nachhaltigen Einsatz und Nutzen von Innovationen. Um Nutzerakzeptanz und Anwendungskontext umfassend zu evaluieren, muss eine möglichst kontextsensitive Entwicklung in realen Nutzungssituationen angestrebt werden (Meurer, et al., 2015). Living Labs bieten eine Forschungsplattform, die realweltliche Nutzungsprozesse abbilden und demnach eine alltagsnahe Nutzungsevaluation ermöglichen. Das in-Haus¹ als Living Lab in Form einer Privatwohnung eignet sich besonders gut, um technische Assistenzsysteme in einem alltagsähnlichen Umfeld zu untersuchen. Dieses Kapitel stellt die Methoden und Ergebnisse zur Evaluation der Zufriedenheit von Nutzern und Nachhaltigkeitsbewertung dar.

5.1 Nutzungsevaluation

Die Nutzungszufriedenheit ist neben Effektivität und Effizienz eine Komponente der genormten Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit (EN ISO 9241-11). In der vorliegenden Studie wird Nutzungszufriedenheit mit dem psychologischen Konstrukt *Einstellung* abgefragt. Einstellung ist die Evaluation, Einschätzung bzw. Bewertung von Objekten, Situationen, Vorstellungen etc., basierend auf drei Komponenten: kognitive Bewertung, emotionale Bewertung und Verhalten (Eagly & Chaiken, 1993). Bezogen auf die Gebrauchstauglichkeit ist die kognitive Bewertung der pragmatischen Qualität vergleichbar und die emotionale Bewertung der hedonischen Qualität (nach Hassenzahl, 2005). Erstere beschreibt die zweckorientierte Komponente der Nutzungszufriedenheit und letztere die erlebnis- bzw. emotionsorientierte Komponente.

5.1.1 Methodisches Vorgehen und Setting

Um die Nutzungszufriedenheit im Living Lab zu evaluieren, konnten verschiedene Methoden aus dem im AP 2 des INNOLAB Projektes konzipierten Methodenhandbuch (Echternacht, Geibler, Stadler, Behrend, & Meurer, 2016) entnommen werden. Für die Gewährleistung einer möglichst alltagsnahen Nutzungssituation und gut verwertbaren Feedbackformaten bei zeitgleich angemessener Umsetzbarkeit wurden folgende Methoden angewandt:

- Wizard of Oz
- Qualitative Befragung mittels Interview
- Quantitative Befragung mittels Fragebogen

Um das Setting im Living Lab zu standardisieren und um sicherzugehen, dass die Personen Lüftungsempfehlungen während ihres Aufenthalts erhalten, eignet sich eine Simulation im Sinne der *Wizard of Oz*-Methode (Bernsen, Dybkjaer, & Dybkjaer, 1998). In Living Labs respektive bei der Entwicklung von technischen Assistenzsystemen eignet sich diese Methode sehr gut in den Phasen der Prototypentwicklung und im Feldtest (Echternacht, Geibler, Stadler, Behrend, & Meurer, 2016) Für den Prototyp wurde demnach ein ansteuerbarer Platzhalter (Wizard Interface) kreiert, wobei der Versuchsleiter (Wizard) die angezeigten Messwerte und Lüftungsempfehlungen kontrollieren konnte (Abb. 6). Die Empfehlungen wurden zu jeder Erhebung in möglichst gleichen Zeitabständen seit Versuchsbeginn versandt. Verschiedene Feedbackmodalitäten, wie Blinken oder Piepen der Fenstergriffe, konnten per Knopfdruck vom Versuchsleiter aktiviert werden.

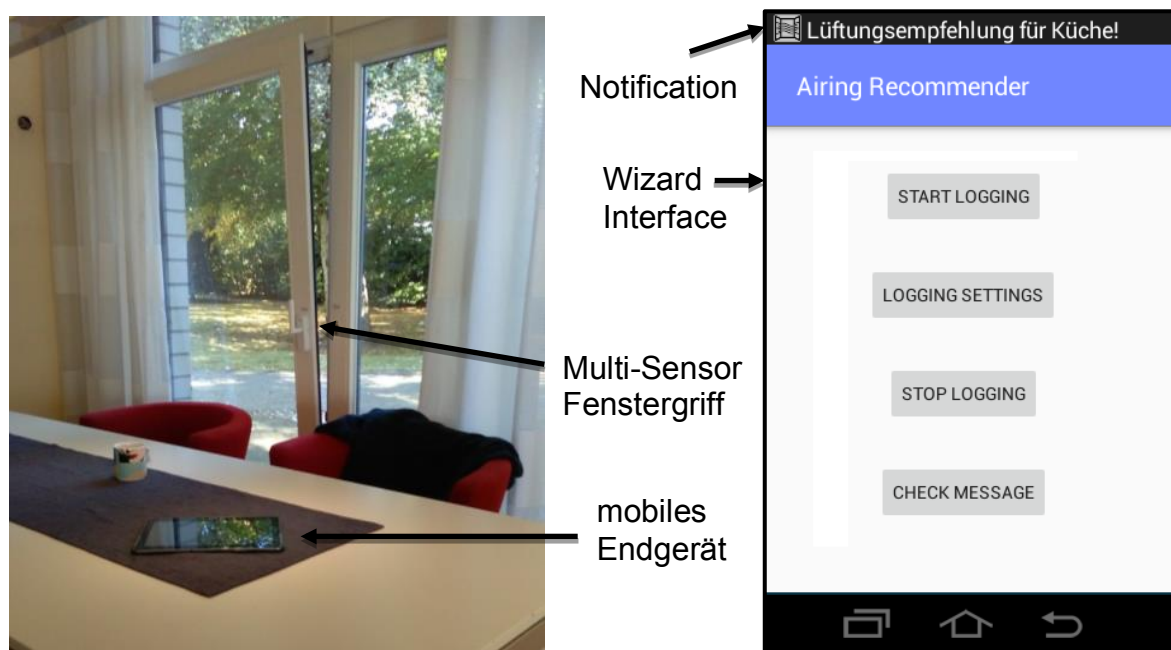


Abb. 6 Umgebung der Nutzungsevaluation im inHaus1 und Screenshot des Wizard Interface

Die darauf folgende Datenerhebung begann mit einem Interview. Um die Nutzer nicht durch vorgegebene Antwortkategorien zu beeinflussen, wurden die Fragen möglichst offen formuliert (Helfferich, 2004). Die Fragen wurden anhand eines Leitfadens gestellt (siehe Anhang). Dabei wurden die Interviews mit einem Diktiergerät aufgezeichnet und zur weiteren Verarbeitung von einem dritten Mitarbeiter transkribiert. Die Auswertung erfolgte durch Kategorisierung, systematische Clusterung und folgende Interpretation. Zentrales Ziel des Interviews waren ein Einblick in Rezeption der Nutzer im Anwendungskontext und eine mögliche Weiterentwicklung des Prototyps auf Basis von resultierenden Wünschen und Anregungen der Nutzer.

Zum direkten Vergleich der einzelnen Versuchsbedingungen (Feedbackmodalitäten und Notifications) diente des Weiteren eine quantitative Befragung mittels Fragebogen (Anhang). Angelehnt an das psychologischen Konstrukt Einstellung und die pragmatische bzw. hedonische Qualität (Hassenzahl, 2005; vgl. Anfang Kapitel),

wurden die Skalen selbst zusammengestellt, welche die latenten Dimensionen *kognitive* und *emotionale Bewertung* beinhalten. Zur explorativen Untersuchung umfasste der Fragebogen zusätzlich Items zur grundsätzlichen Einstellung zu alltäglichem Fensterlüftungsverhalten und zum Befinden innerhalb des Living Labs.

Durch Annoncen auf dem Universitätscampus und Onlinemeldungen auf Studierendenportalen wurden Probanden akquiriert. Hauptanreize für die Teilnahme waren ein Arbeitsraum am Campus mit Kaffee und WLAN-Verbindung im Zeitraum der Studie. Die Stichprobe bestand aus 22 Studierenden (10 weiblich, 12 männlich) im Alter von 21-30 Jahren (Mittelwert $M = 25,14$ Jahre, Standardabweichung $SD = 3$). Die Teilnehmenden konnten sich alleine oder als Teil einer Arbeitsgruppe am Versuchsort aufhalten. Für die möglichst alltagsnahe und realweltliche Nutzungssituation wurden sie dazu angehalten, einer eigenen mitgebrachten Beschäftigung nachzugehen, wie Lernen oder Arbeiten, die damit auch die Aufenthalts- und Versuchsdauer determinierte. Die Aufenthaltsdauer belief sich auf 1 bis 3,5 Stunden. Die Teilnehmenden wussten während der Erhebung nicht, dass es sich bei dem technischen Assistenzsystem um eine Simulation handelte. Sobald die Teilnehmenden angaben, mit ihrer Arbeit fertig zu sein, wurden weitere Empfehlungen blockiert und eine Befragung begonnen. Je nach Aufenthaltsdauer erhielten sie zwei bis vier Lüftungsempfehlungen. Am Ende der Befragung wurden die Teilnehmenden über die Simulation aufgeklärt.

5.1.2 Ergebnisse der Nutzungsevaluation

Durch das Setting konnten unterschiedliche Versuchsbedingungen umgesetzt und die Reaktionen abgefragt werden: Die untersuchten Bedingungen waren zum einen verschiedene Feedbackmodalitäten (Signale mit denen die Lüftungsempfehlungen auf sich aufmerksam machen) und zum anderen der Informationsgehalt der Empfehlung (Lüftungsempfehlungen mit konkreten Angaben zur Luftqualität). Die Variable Feedbackmodalität bestand aus den drei Bedingungen, die mit der Hardware des Fenstergriffes möglich waren:

- (1) kein akustisches oder optisches Signal der Fenstergriffe,
- (2) rotes Blinken der integrierten Leuchtdioden oder
- (3) dreimaliges Piepen des integrierten Piezo-Lautsprechers aus.

Die Variable Informationsgehalt umfasste die beiden Bedingungen das mobile Endgerät betreffend:

- (A) Notifications mit bloßer Empfehlung über Lüftungsort und -dauer bzw.
- (B) Notifications mit zusätzlichen metrischen Angaben zur Luftqualität (Temperatur in °C, CO₂ in ppm und rel. Luftfeuchtigkeit in %).

Die Aufteilung der 22 Teilnehmenden auf verschiedene Bedingungen erfolgte so, dass je 7 Personen die Feedbackmodalität (1) und (3) und 8 Personen die Feedbackmodalität (2) zu der Lüftungsempfehlung erhielten. Wiederum erhielten je 3 bis 4 Teilnehmende dieser Gruppen Notifications nach Bedingung (A) und 4 Personen Notifications nach Bedingung (B). Zur weiteren Verarbeitung wurde eruiert, welche Personen welche Feedbackmodalität wahrgenommen hatten. Personen, welche bspw. das Blinken der Fenstergriffe nicht wahrgenommen hatten, konnten keine Aussage über die jeweilige Modalität tätigen. Damit ergeben sich für die Auswertung andere Gruppengrößen als in der Erhebung, was im folgenden Kapitel genauer aufgeschlüsselt wird.

5.1.2.1 Auswertung der quantitativen Befragung

Hinsichtlich der Feedbackmodalität gaben alle 22 Teilnehmenden an, die Lüftungsempfehlungen durch das mobile Endgerät wahrgenommen zu haben. Aber nicht alle Personen gaben an, das visuelle bzw. akustische Feedback der Fenstergriffe wahrgenommen zu haben. So gaben nur 3 von 8 Personen der Bedingung (2) an, das Blinklicht am Fenstergriff als Signal wahrgenommen zu haben. Und 5 von 7 Personen der Bedingung (3) gaben an, den Piezo-Ton als Signal wahrgenommen zu haben. Die zu vergleichenden Gruppen ergaben sich aus der wahrgenommenen Feedbackmodalität der jeweiligen Person. Demnach waren 14 Personen in der Gruppe unter (1), 3 Personen unter (2) und 5 Personen unter (3).

Durch diese Verteilung war innerhalb der drei Gruppen die Variable Informationsgehalt unterschiedlich repräsentiert. Zum validen Vergleich der Variable Informationsgehalt konnten demnach nur Personen der wahrgenommenen Bedingung (1) einbe-

zogen werden, also aus der Menge der Personen, die einzig das mobile Endgerät als Signal wahrgenommen haben. Daraus ergaben sich Gruppen mit folgender Stichprobengröße von 5 Personen unter Bedingung (A), die keine Zusatzinformationen zu der Lüftungsempfehlung erhielten, und 9 Personen unter Bedingung (B), die Zusatzinformationen erhielten.

Unterschiede in der Nutzungsakzeptanz hinsichtlich des Faktors Feedbackmodalität wurden mit einer Varianzanalyse (ANOVA) auf statistische Bedeutsamkeit geprüft. Die zentralen Kriterien für parametrisches Rechnen: Intervallskalierung, Varianzhomogenität und Normalverteilung waren gegeben. Die Verteilungen sind in einem Boxplot-Diagramm dargestellt (Abb. 7).

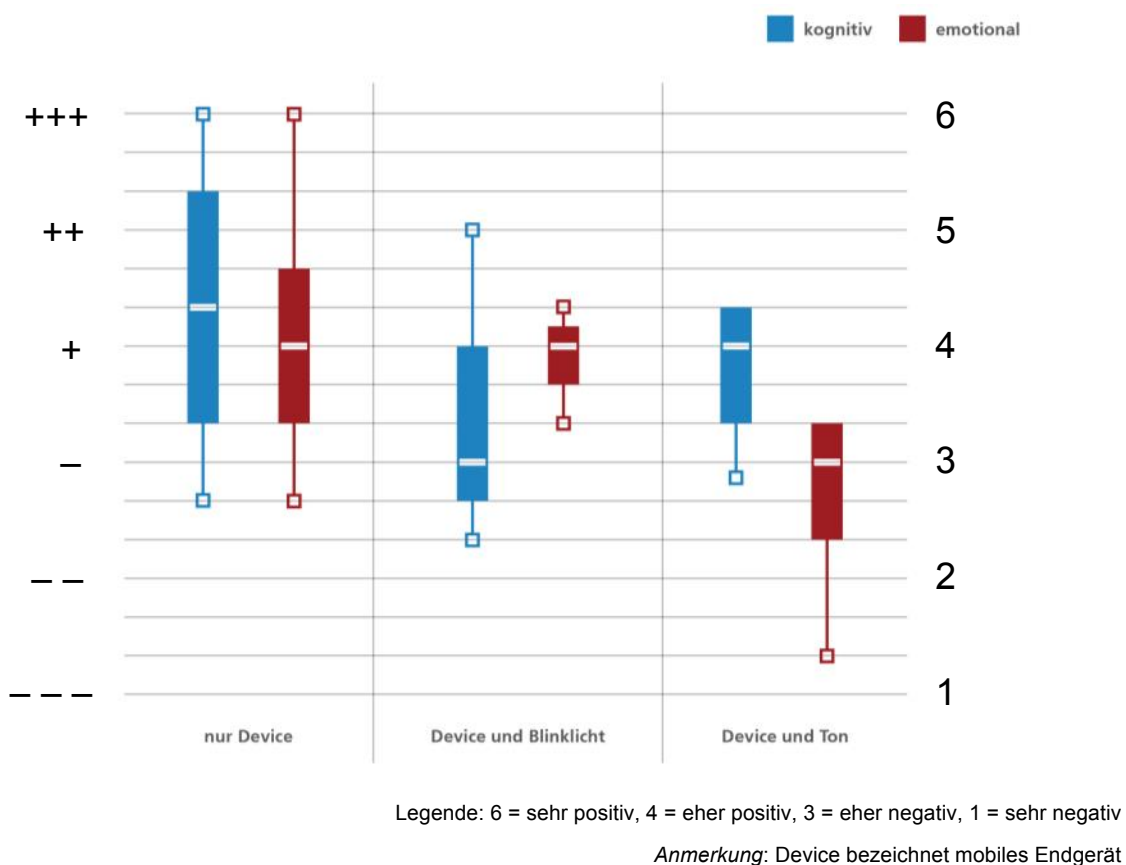
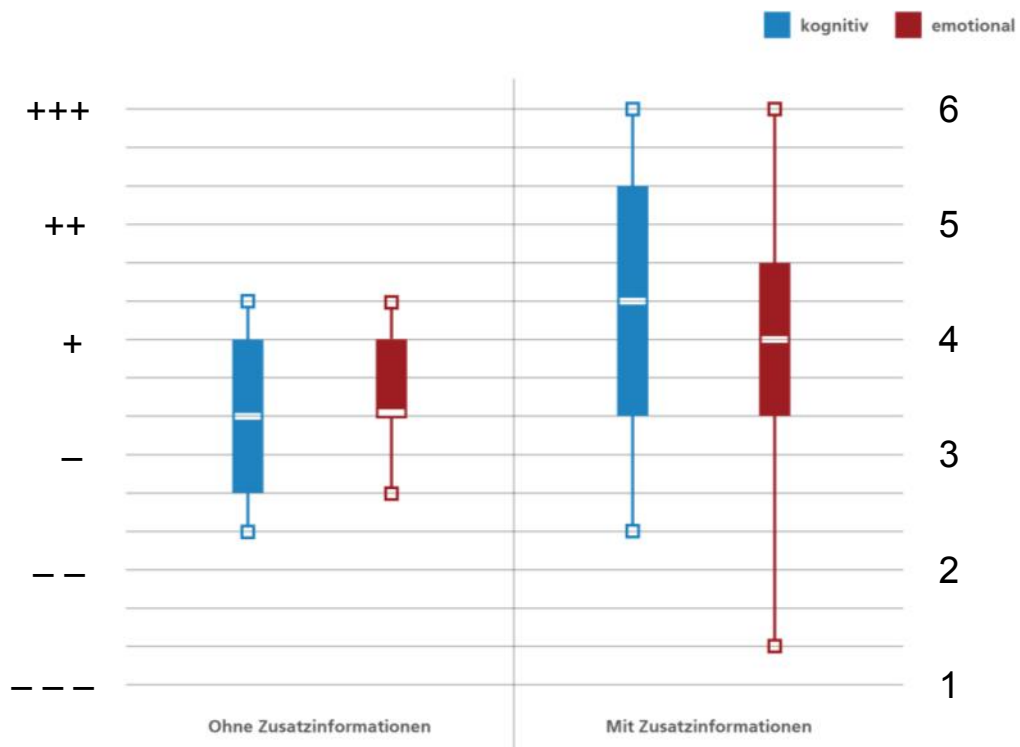


Abb. 7 Boxplot-Diagramm mit Bewertungen der drei Feedbackmodalitäten

In einer einfaktoriellen ANOVA zeigte sich, dass die verschiedenen Feedbackmodalitäten signifikante Unterschiede bei der emotionalen Bewertung bewirkte, durch die Testprüfgröße $F(2;19) = 5,64$ und dem Signifikanzwert $p = 0,012$. Sie wirkte sich aber nicht signifikant auf die kognitive Bewertung aus bei einer Testprüfgröße $F(2;19) = 1,43$ und dem Signifikanzwert $p = 0,263$. In einem Post-Hoc-Verfahren zur nachträglichen Ermittlung der konkreten Unterschiede zwischen den einzelnen Feedbackmodalitäten zeigte sich, dass einzig der wahrgenommene Piep-Ton (Mittelwert $M = 2,67$, Standardabweichung $SD = 0,85$) emotional signifikant schlechter bewertet wurde als das ausschließliche Feedback vom mobilen Endgerät ($M = 4,17$, $SD = 0,9$), bei einer Testprüfgröße von $t(17) = 3,23$ mit dem Signifikanzwert von $p = 0,005$.

Daraus lässt sich ableiten, dass das Signal der Lüftungsempfehlungen in Form des Piep-Tons einen negativen Effekt auf die emotionale Bewertung und damit auf die Nutzerzufriedenheit hat.

Darüber hinaus wurden Unterschiede in der Nutzungsakzeptanz hinsichtlich des Informationsgehaltes der Notifications auf statistische Bedeutsamkeit geprüft. Die zentralen Kriterien für parametrisches Rechnen: Intervallskalierung, Varianzhomogenität und Normalverteilung der Gruppen waren gegeben. Die Verteilung sind in einem Boxplot-Diagramm dargestellt (Abb. 8).



Legende: 6 = sehr positiv, 4 = eher positiv, 3 = eher negativ, 1 = sehr negativ

Abb. 8 Boxplot-Diagramm mit Bewertungen der Notifications mit und ohne Informationen über Luftqualität

In einem Signifikanztest auf Mittelwerteunterschied (t-Test für unabhängige Stichproben) fiel die kognitive Bewertung der Lüftungsempfehlung mit Zusatzinformationen ($M = 4,44$, $SD = 1,08$) signifikant positiver aus als jene ohne Zusatzinformationen ($M = 3,33$, $SD = 0,72$) bei einer Testprüfgröße von $t(14) = -2,46$ und einem Signifikanzwert von $p = 0,023$. Die emotionale Bewertung der Lüftungsempfehlung mit Zusatzinformationen ($M = 3,89$, $SD = 1,19$) unterschied sich nicht signifikant zu jener ohne Zusatzinformationen ($M = 3,57$, $SD = 0,57$) bei einer Testprüfgröße von $t(14) = -0,66$ und einem Signifikanzwert von $p = 0,52$.

Daraus lässt sich schließen, dass zusätzlicher Informationsgehalt der Lüftungsempfehlungen einen positiven Effekt auf die kognitive Bewertung und damit auf die Nutzerzufriedenheit hat.

5.1.2.2 Auswertung der qualitativen Befragung

Zentrales Ziel der qualitativen Befragung in Form von Interviews war ein Einblick in Rezeption der Nutzer im Anwendungskontext und eine mögliche Weiterentwicklung auf Basis von erfassten Wünschen und Anregungen. Als Instrument zur regelgeleiteten und methodisch kontrollierbaren Auswertung der qualitativen Daten dient die qualitative Inhaltsanalyse (Mayring, 2000). Das zu untersuchende Objekt ist der transkribierte Text der aufgezeichneten Interviews. Daraus resultierte eine induktive Kategorisierung der Antworten. Die entsprechenden Kategorien können wiederum zu Ankerbeispielen im transkribierten Text zugeordnet werden. Die inhaltlichen Antwortkategorien auf die einleitende Frage nach der Rezeption der Lüftungsempfehlungen werden in Abb. 9 hierarchisiert zusammengefasst.

Auffallend oft wurden die Empfehlungen als „Aufforderung“ oder „Anweisung“ bezeichnet. Das System wurde generell mehrfach als „praktisch“ oder „sinnvoll“ beschrieben. Im Gegensatz dazu fiel auch die Bezeichnung als „Spielerei“. Bezüglich der Feedbackmodalitäten wurde vereinzelt kritisiert, dass die akustischen Signale als „irritierend“, „erschreckend“ oder „anstrengend“ wahrgenommen wurden.

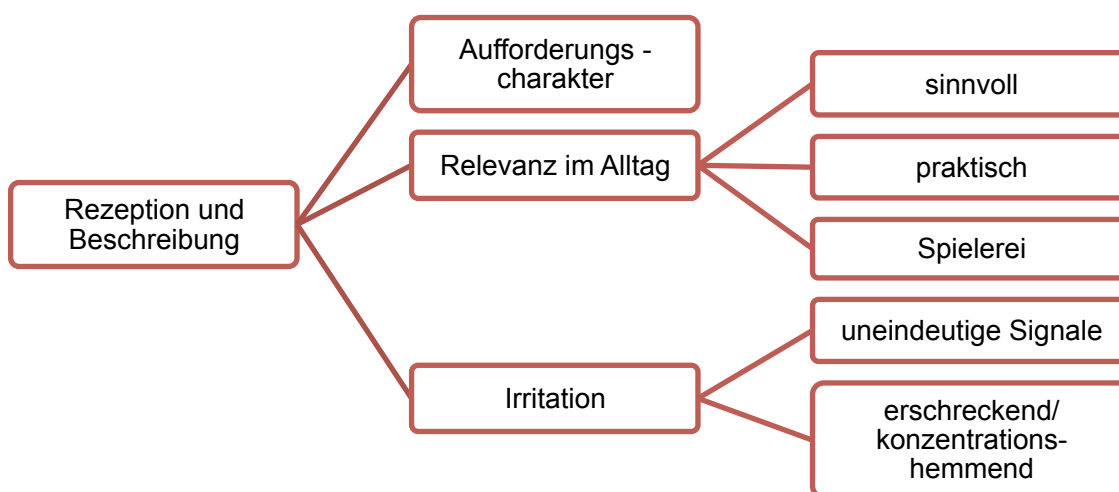


Abb. 9 Hierarchische Anordnung der Antwortkategorien auf die Frage nach der Rezeption

Die Antworten auf die Frage nach Wünschen und Verbesserungsvorschlägen werden in Abb. 10 hierarchisiert zusammengefasst.

Ein eindeutigerer Servicecharakter wurde mehrfach gewünscht: So sollen Informationen zur Luftqualität veranschaulicht und ggf. Luftqualität und Energieeinsparungen über die Zeit protokolliert werden. Weiterhin dürfen Empfehlungen nicht auffordernd formuliert sein. Das Signal sollte dezenter, angenehmer und ggf. durch optisch intuitive Merkmale gekennzeichnet sein, wie z. B. mit einer Ampel. Auch Erinnerungen an verpasste Empfehlungen, die Integration in einen wiederkehrenden Tagesablauf oder eine Vollautomation der Lüftung wurden explizit gewünscht oder als potentieller Verbesserungsvorschlag angesprochen.

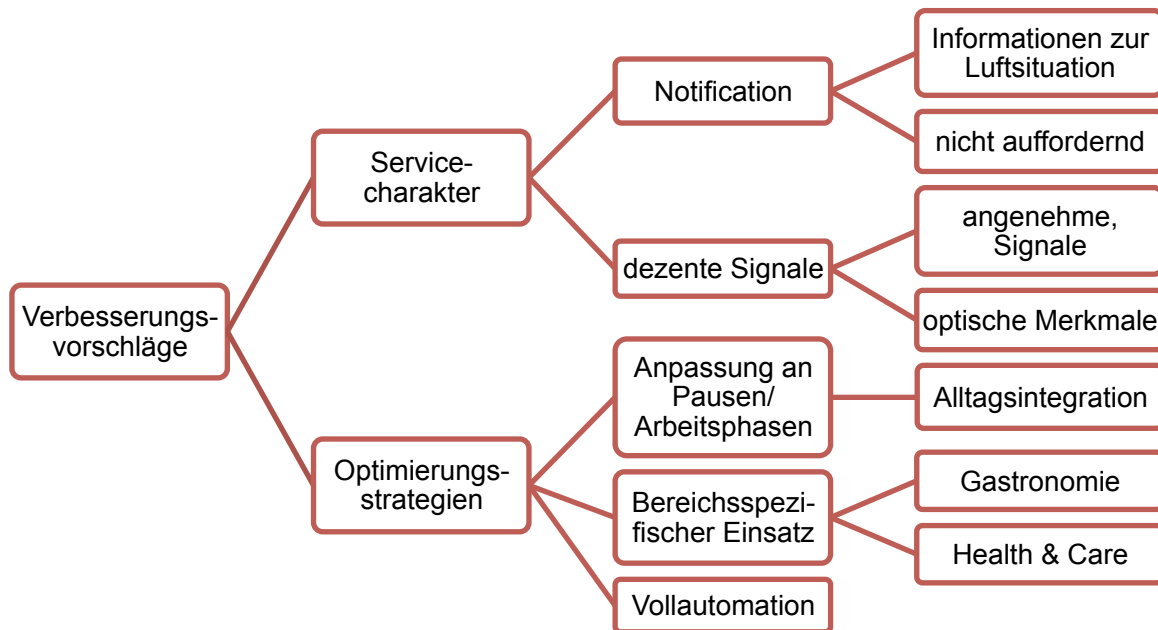


Abb. 10 Hierarchische Anordnung der Antwortkategorien auf die Frage nach Verbesserungsvorschlägen

Die gewonnenen Erkenntnisse ermöglichten ein tiefergehendes Verständnis von Wirkung, Akzeptanz und Erwartungen an das Produkt im Anwendungsfeld und konkretisieren Chancen und Risiken des Nachhaltigkeitspotentials. Diese werden nun zur Weiterentwicklung der Innovation eingesetzt.

5.2 Nachhaltigkeitsbewertung

Da in frühen Phasen der Innovationsentwicklung ein erhöhtes Anpassungs- und Veränderungspotential am Produkt- und Service-Design besteht und Änderungsmaßnahmen in einer frühen Phase vergleichsweise geringe Kosten gegenüber einer Änderung in einer späteren Phase verursachen, ist eine Bewertung der Nachhaltigkeit innerhalb des Innovationsprozesses deshalb von zentraler Bedeutung. Ziel ist es, im Innovationsprozess eine frühe Identifikation und Integration relevanter Nachhaltigkeitsaspekte zu erlangen.

Im Folgenden werden die genutzte Methodik und die Ergebnisse erläutert.

5.2.1 Methodischen Vorgehen und Setting

Um Nachhaltigkeitspotentiale in einem Innovationsprozess zu erschließen, ist es notwendig entsprechende Anforderungen zu definieren, welche den Innovationsprozess leiten können und somit Risiken für eine nachhaltige Entwicklung (u.a. auch Rebound-Effekte) minimiert bzw. ausgeschlossen werden können (Weiner, 2010). Im INNOLAB Projekt wurde ein Modell zur Bewertung von Nachhaltigkeitswirkungen im Living Lab Innovationsprozess (Geibler, et al., 2013) entwickelt, welches dazu dient den Innovationsprozess in Living Labs zu strukturieren und Entscheidungspunkte

aufzuzeigen an denen Nachhaltigkeitskriterien aufgegriffen und anhand derer der Prozess und das Ergebnis bewertet werden können. Dies umgreift die Beschreibung von Methoden zur Nachhaltigkeitsbewertung, wie der im Projekt entwickelte SDG-Check (Stadler et al. 2016). Dieser Check wurde in den Praxisprojekten des INNOLAB Projektes von den direkt am Projekt Beteiligten (in diesem Fall 5 Personen) getestet.

Methodik

Der SDG-Check basiert auf den „Sustainable Development Goals“ (Nachhaltigkeitszielen) die von der UN im Jahr 2015 formuliert wurden (UN, 2015). Die SDGs lösen die Millenniums-Entwicklungsziele (Millennium Development Goals - MDGs) ab. Die Ziele reichen von der Bekämpfung der Armut über die Verbesserung von Ausbildung und Gesundheit bis zur Mitigation des Klimawandels und dem Schutz der Ozeane und Ökosysteme. Unter dem Titel „Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung“ haben die Staaten einen Katalog von 17 Zielen und 169 untergeordneten Zielen erstellt, deren Umsetzung bis 2030 zwar freiwillig ist, die aber erstmals universell gültig sind, das heißt für Entwicklungs-, Schwellen- und Industrieländer gleichermaßen (IASS – Institute for Advanced Sustainability Studies e.V Potsdam, 2016). Diese Ziele dienen innerhalb des Innovationsprozesses als Referenzpunkt für die Nachhaltigkeitsbewertung indem sie zugleich ein Bewusstsein für die Thematik und deren Vielfalt schaffen.

Der SDG-Check wird in einem zweistufigen Verfahren angewandt. In der ersten Stufe wird abgefragt, inwieweit die fokale Innovation bezüglich der 17 Oberziele Chancen oder Risiken birgt, indem eine Einschätzung erfolgt, ob die Innovation positive oder negative Auswirkungen in Bezug auf diese Ziele haben könnte. Dieser Check eignet sich schon in frühen Innovationsphasen für die Bewertung von Nachhaltigkeitsanforderungen und -potentialen. Zugleich werden dadurch die im Innovationsprozess Beteiligten aufmerksamer und sensibler hinsichtlich der Thematik.

Die zweite Stufe des SDG-Checks vertieft die Oberziele aus Stufe 1, mittels drei bis fünf Fragen (Unterziele). Ähnlich wie in Stufe 1 werden hier die Chancen und Risiken der Innovation eingeschätzt. Die Unterfragen sind allgemein formuliert und eignen sich schon in einer frühen Innovationsphase für die Bewertung von Nachhaltigkeitsanforderungen und -potentialen. In der Stufe 2 werden nur die relevantesten Oberziele und deren Unterziele berücksichtigt. Die Relevanz basiert auf den Ergebnissen aus Stufe 1 und es werden, die Oberziele mit Chancen und Risiken größter Ausprägung ausgewählt. Für die Bewertung der Innovation „nachhaltiges Lüften“ haben fünf am Innovationprozess beteiligte Personen einzeln die Stufe 1 und 2 des online SDG-Checks bearbeitet. Details des SDG-CHECKS, z. B. die entsprechenden Fragen, werden von Echternacht et al. (2016) erläutert.

5.2.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse zur Bewertung des Prototyps werden im Folgenden vorgestellt und erläutert.

Eine Übersicht der Ergebnisse des SDG-Checks Stufe 1 ist in Abb. 11 dargestellt. Die Ergebnisse des SDG-Checks für das Praxisprojekt „Nachhaltiges Lüften“ legen nahe, dass sich aus Sicht der 5 Bewertenden für die Innovation insbesondere Chancen für die Oberziele „Gute Gesundheitsversorgung“, „Nachhaltiges Produzieren und

Konsumieren“, „Klimaschutz“ und „Nachhaltige Städte und Gemeinden“ ergeben. Insbesondere für das Ziel der guten Gesundheitsversorgung ergibt sich dabei eine geringe Streuung der Bewertungen.

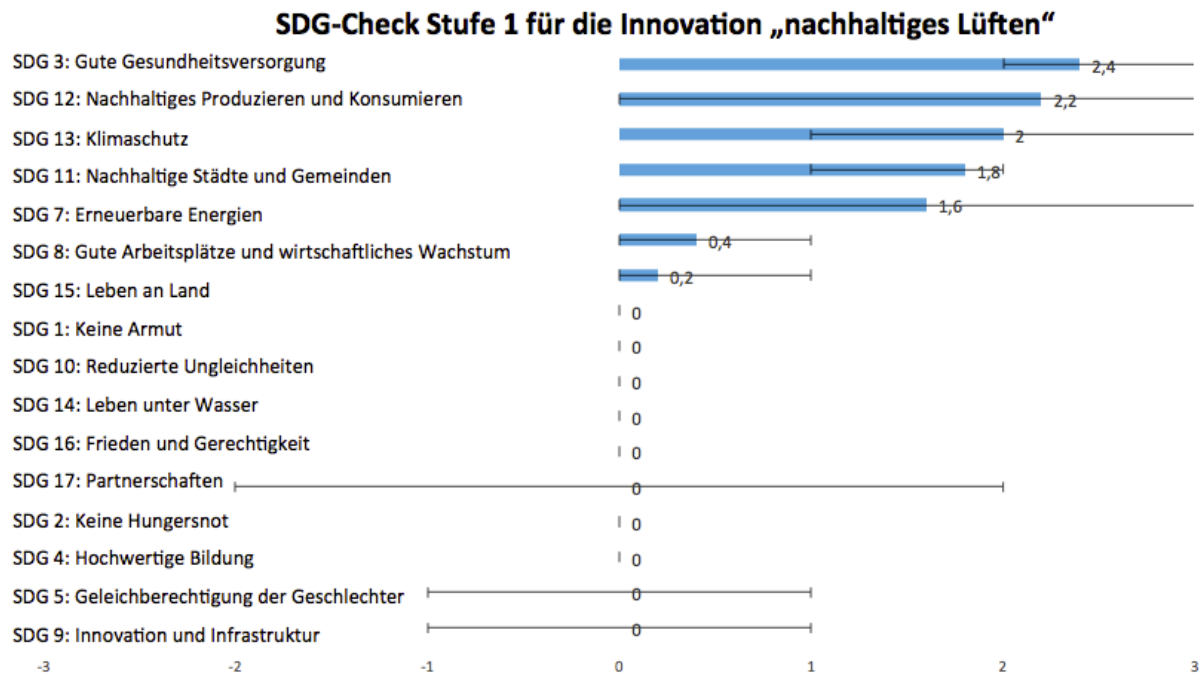


Abb. 11 Ergebnisse der Nachhaltigkeitsbewertung – SDG-Check Stufe 1 im AP 3

Anmerkung: Legende: +3 = gute Chance, 0 = neutral, -3 = hohes Risiko; Der Balken stellt den Mittelwert der Einzelergebnisse dar (n=5) und ist numerisch angegeben; Die Streuung des Mittelwerts wird durch die positive und negative maximale Abweichung mittels der jeweils Linie dargestellt

Eine Übersicht der Ergebnisse des SDG-Checks Stufe 2 ist in Abb. 12 dargestellt. Die Auswertung der zweiten Stufe des SDG-Checks gibt Hinweise darauf, dass die Innovation aus Sicht der Bewertenden insbesondere zu den folgenden Unterzielen der SDGs positiv beitragen kann:

- Ein nachhaltiges Management und eine effiziente Nutzung von natürlichen Ressourcen.
- Senkung der von den Städten ausgehenden Umweltbelastung pro Kopf mit besonderer Aufmerksamkeit auf die Luftqualität und der kommunalen und sonstigen Abfallbehandlung.
- Den Zugang zu Gesundheitsdiensten und das Management von Gesundheitsrisiken zu verbessern.
- Aufklärung und Sensibilisierung für und Abschwächung des Klimawandels, der Klimaanpassung, der Reduzierung der Klimaauswirkungen sowie der Frühwarnung.

Besonders hohe Risiken durch die Innovation zur Erreichung der SDGs wurden durch den SDG-Check nicht identifiziert. Als geringe Risiken wurden die folgenden Aspekte benannt:

- Die Innovation stellt ein Risiko zur Abfallvermeidung dar.
- Die Innovation stellt ein Risiko zur Förderung von nachhaltigen Beschaffungspraktiken.

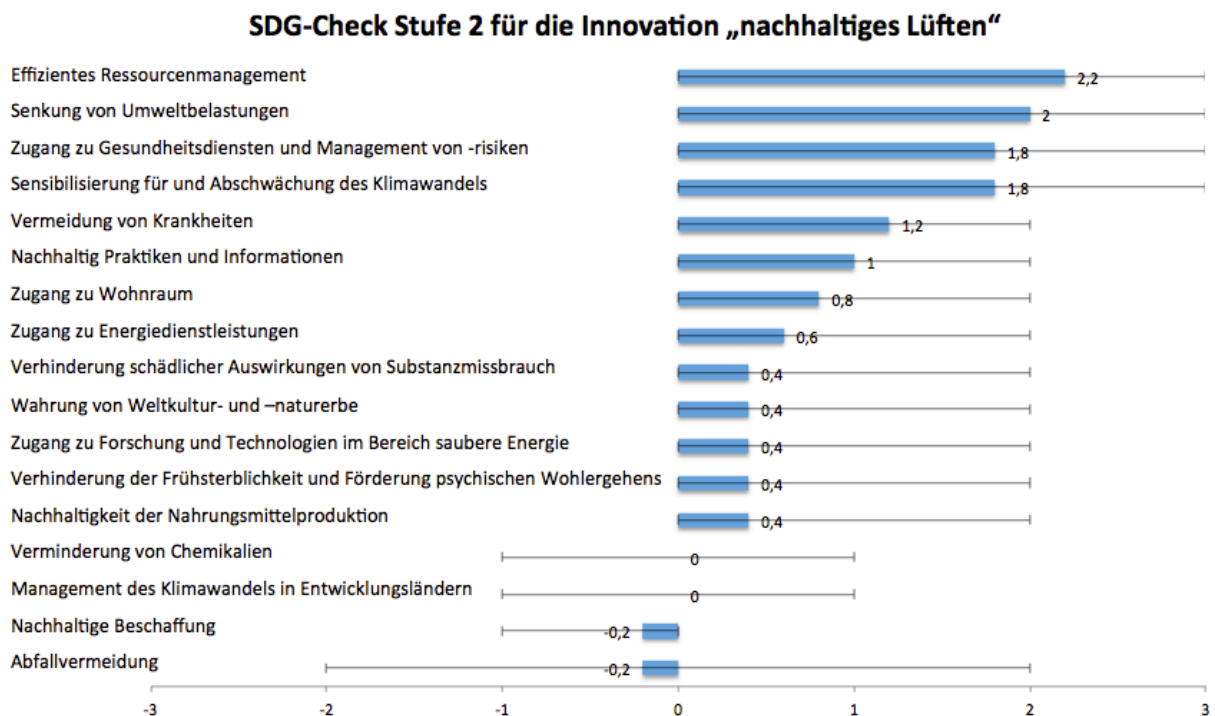


Abb. 12 Ergebnisse der Nachhaltigkeitsbewertung – SDG-Check Stufe 2 im AP 3

Anmerkungen: Legende: +3 = gute Chance, 0 = neutral, -3 = hohes Risiko. Der Balken stellt den Mittelwert der Einzelergebnisse (n=5) dar und ist numerisch angegeben; Die Streuung des Mittelwerts wird durch die positive und negative maximale Abweichung mittels der Linien dargestellt

Zusammenfassend stellt die Auswertung dar, dass das System zum nachhaltigen Lüften die grundlegende Idee des Praxisprojektes berücksichtigt und eine zentrale Anforderung der Green Economy Vision erfüllen kann: Die ausgeführten Lüftungsempfehlungen können zu einer effizienten Raumwärme- und Energienutzung und damit einem nachhaltigen Management und effizienter Nutzung von natürlichen Ressourcen beitragen. Dies kann zu einer Senkung der Umweltbelastung pro Kopf führen. Die durch die Anwendung des Systems verhinderte Schimmelbildung in Räumen, ermöglicht die Innovation Gesundheitsrisiken zu reduzieren, indem ein besseres Raumklima geschaffen wird. Darüber hinaus kann das System zur Sensibilisierung für das Thema des Klimawandels beitragen.

6 Erfahrungen zum Living Lab Ansatz und der genutzten Methoden

Mit Beendigung der Nutzungsevaluation wurde der Entwicklungsprozess des Prototyps zum nachhaltigen Lüften im INNOLAB-Projekt abgeschlossen. Im Folgenden soll auf wesentliche in diesem Praxisprojekt gemachten Erfahrungen eingegangen werden.

6.1 Das inHaus1 als Living Lab

Die Durchführung der Nutzungsevaluation in einer Umgebung, die der späteren Wohnsituation sehr nahe kommt, hat wertvolle Erkenntnisse für das weitere Produktdesign geliefert. Das Setting einer Wohnung, wie es im inHaus1 vorzufinden ist, wurde von den Probanden gut angenommen. Die Grenzen einer solchen Testumgebung zeigten sich in der limitierten Anzahl von Studienteilnehmern, zumal diese nur einen Ausschnitt aus der Zielgruppe darstellten. Außerdem wäre bei dem betrachteten Produkt eine Studie über mehrere Heizperioden sinnvoll (vgl. SWOT Analyse 6.4).

6.2 Auswirkungen auf Prototyp und Geschäftsmodell

Die Ergebnisse der Prototypenphasen (Kapitel 4) und weiteren Untersuchungen (Kapitel 5) wird Fa. SODA in die Weiterentwicklung der aktuellen Generation der Fenstergriffe einfließen lassen. Insbesondere hat sich gezeigt, dass dem Nutzer eine Möglichkeit gegeben werden muss die Feedback-Eigenschaften des Geräts bzw. des Systems an die eigene Vorstellung anzupassen, wie z. B.

- nur lokale Signale am Griff,
- nur optische Signale am Griff,
- nur Benachrichtigungen mittels Smartphone/Tablet,
- eine beliebige Kombination der Möglichkeiten.

Es liegt nahe, diese Konfiguration mittels einer einfachen App zu ermöglichen, um Einstellungen am Griff vorzunehmen. In diesem Zusammenhang besteht direkt die Möglichkeit weiterer Parametrierungen, beispielsweise die Einstellung der Luftfeuchtigkeitsschwelle, bei der ein Hinweis generiert werden soll.

Aus kommerzieller Sicht gibt es Optimierungsbedarf an der Außendarstellung des Produkts und dessen Funktionsweise. Die Vorteile und Wirkungsweise bei korrekter Anwendung müssen sich dem Anwender intuitiv erschließen und der Mehrwert der Anwendung erkannt werden.

An dieser Stelle könnte auch eine weitere technische Weiterentwicklung dem Benutzer mehr Informationen liefern, warum eine Lüftungsempfehlung ausgegeben wurde

(Luftfeuchtigkeitsverlauf über die Zeit, letzter Zeitpunkt der Lüftung, ...). Da eine solche Ausgabe primär auf einem Smartphone/Tablet erfolgen wird, lassen sich dort auch weitere Informationen einbauen, z. B. wieviel Heizenergie für gleiches Wärmeempfinden gespart wird, wenn im Raum 10% weniger Luftfeuchtigkeit vorhanden ist.

6.3 Methodennutzung in der Praxis

Im Rahmen des Praxisprojekts wurden mehrere Methoden in den verschiedenen Stadien der Innovationskette von der Idee zum Prototypen angewendet, um möglichst frühzeitig die relevanten Stakeholder und deren Feedback in den Prozess einbinden zu können. Folgende Methoden aus dem vorher festgelegten Methodenkatalog wurden verwendet.

Die Wizard of Oz Methode bewies durch die hohe Flexibilität und Kontrollierbarkeit im Living Lab ein hohes Potential für die Evaluation von technischen Assistenzsystemen. Um Erkenntnisse zu liefern, muss sie aber mit anderen Methoden, wie einer Befragung oder der Think-Aloud-Methode kombiniert werden.

Eine strukturierte Befragung erwies sich als wertvolle Erhebungsmethode für Nutzerwünsche und ein distanziertes Bild auf die Innovation in Prozess. Nur gibt es innerhalb dieser Kategorie diverse Herangehensweisen, die sich in Antworten, Auswertung und Aufwand stark unterscheiden können. Eine quantitative Befragung bedarf viel Vorbereitung und eine zeitaufwändige Durchführung (z. B. Stichprobenakquise). Dafür liefert sie ein vergleichbares und klares Bild auf die konkreten Fragen. Eine qualitative Befragung hingegen bedarf mehr Nachbereitung (Transkription und Auswertung). Aufgrund ihres offenen Charakters bietet sie ein umfassendes Abbild der Perspektive der Befragten.

Die Nachhaltigkeitsorientierung der Innovation erfolgte schon zu Beginn des Projektes während der Projektformulierung durch die Ausrichtung auf die Verbindung des Lüftens mit dem Heizverhalten. Zudem ergab sich eine Orientierung auf Nachhaltigkeit im Rahmen von zwei Workshops, auf denen die Produktinnovation vorgestellt und von Nachhaltigkeitsexperten kommentiert wurde. Da bereits zu einer frühen Phase der Innovationsentwicklung die Nachhaltigkeitsanforderungen kommuniziert wurden, bestand ein erhöhtes Anpassungs- und Veränderungspotential am Produkt- und Service-Design.

Im Projekt wurde das entwickelte Modell zur Bewertung von Nachhaltigkeitswirkungen (Geibler et al. 2016) als Grundlage genutzt. Dies trug dazu bei den Innovationsprozess zu strukturieren und geeignete Nachhaltigkeitskriterien zur Bewertung der Innovation zu identifizieren und anzuwenden. Dies erfolgte insbesondere durch die Methodik des im Projekt entwickelten SDG-Checks (Stadler et al. 2016), welcher parallel in den beiden anderen Praxisprojekten in INNOLAB erprobt wurde. Die Ergebnisse der Erprobung sind wie folgt:

- Durch den SDG Check konnten neben der qualitativen Bewertung im Rahmen von Workshops auch erste *quantitative Bewertungsergebnisse* dokumentiert werden.
- Entsprechend des frühen Stadiums der Innovation, zeichnet sich der SDG Check (siehe oben), durch eine *schnelle* (<30 Min.) und *intuitive* Anwendbarkeit (wiederholende Bewertungsskala von 1 bis 7) aus.
- Des Weiteren ermöglichte der SDG Check eine *einheitliche Nachhaltigkeitskommunikation* zwischen den Projektpartnern. Der SDG Check diene damit als Plattform für die Entwicklung eines einheitlichen Verständnisses von Nachhaltigkeit und Nachhaltigkeitszielen. Dies ist insbesondere von großer Bedeutung, weil das Thema Nachhaltigkeit von Akteuren unterschiedlich interpretiert und mit unterschiedlichen Prioritäten adressiert wird.
- Der Komplexitätsgrad der vielen Ziele (17 Oberziele mit 169 Unterzielen) kann zu *Überforderung* und *Demotivation* führen. Allerdings überwiegt das kommunikative Potential der SDGs, weil dieses international anerkannt, kombinierbar mit weiteren unternehmensrelevanten Methoden ist (z. B. SDG Compass) und als Basis für eine unternehmensinterne Nachhaltigkeitsstrategie (CSR) dienen kann.
- SDG Check kann auch neue Unternehmensideen / Modelle inspirieren.
- Eine vertiefende Analyse (z. B. Hotspot Analyse) konnte im Rahmen des Projektes nicht durchgeführt werden. Für eine effektive Nachhaltigkeitsanalyse wäre dies sinnvoll: Die Auswahl der Ober/Unterziele müssen nicht zwangsläufig die bedeutsamsten Nachhaltigkeitspotentiale der Innovation darstellen. Die Auswahl der Ober- und Unterziele basiert auf einer Selbsteinschätzung, die als Basis für den weiteren Dialog genutzt werden kann und von weiteren Experten evaluiert werden sollte.
- Ohne Einführung können die SDG Ziele für Nachhaltigkeitslaien abstrakt und unstrukturiert wirken und verringern die Motivation sich mit dem SDG Thema / Nachhaltigkeit näher zu beschäftigen und entsprechende Maßnahmen für das Produktdesign zu berücksichtigen (geringere Nachhaltigkeitspotentiale).

6.4 SWOT Analyse zur Umsetzung des Living Lab Ansatzes

Für die Weiterentwicklung der Nachhaltigkeitsinnovation im Living Lab folgt eine SWOT-Analyse aus den Erfahrungen im Praxisprojekt (Tabelle 2).

Tab. 2 Living Lab Ansatz und seine Stärken und Schwächen, Chancen und Risiken im Praxisprojekt

Welche Stärken / Schwächen haben sich durch den LL Ansatz im Praxisprojekt ergeben?	
Stärken	Schwächen
Zugang zu Know-How aus dem direkten Umfeld des Living Lab	Begrenzte Erfahrungen im Bereich psychologischer Forschungsmethoden
Einfache Nutzerintegration in ein realweltliches Setting und damit authentisches Nutzerfeedback	Wage Aussagekraft der Ergebnisse durch überschaubare Probandenanzahl und einschlägige Stichprobe
Zugang zu Labs mit anderen Schwerpunkten (im Fraunhofer-inHaus-Zentrum)	Wohnsituation nicht beliebig veränderbar (Heizungsinstallation, etc.)
Durch enge Verbindung zur Universität, Zugang zu technischer Kompetenz und vereinfachte Probandenakquise	Kein fester Probandenpool
Bereits vorhandene bzw. einfach zu ergänzende technische Infrastruktur (Netzwerk, etc.)	
Ermöglichen von umfassender Beobachtung (z. B. Hinblick auf Konsum und Energieverbrauch) zur Erkennung von Rebound-Effekten	
Welchen Chancen / Risiken haben sich durch den LL Ansatz im Praxisprojekt ergeben?	
Chancen	Risiken
Kosteneinsparung und besseres Nutzererlebnis durch frühes Feedback	Beeinflussung durch hohe Technisierung der Umgebung
Realweltweltliche Umgebung mit realistischeren Ergebnisse als im Labor	Zu hoher Aufwand in der frühen Innovationsphase für Nutzerintegration
Entwicklung neuer Geschäftsfelder durch Anbindung weiterer Reallabore im inHaus-Zentrum	Eingeschränkte Bandbreite der Fragestellungen bei der Ausrichtung der Evaluation
Darstellung der Nachhaltigkeitspotentiale im Hinblick auf Beiträge zu SDGs	Unzureichende Einbeziehung der Hersteller im Vorfeld

7 Schlussfolgerungen

Der Living Lab Ansatz im Bereich Wohnen hat in diesem Praxisprojekt sein Potential für die Entwicklung von Nachhaltigkeitsinnovationen in der Green Economy bestätigt: Die frühe Einbindung zentraler Stakeholder in die Produktentwicklung, unterstützt durch verschiedene Methoden, offenbarte den Weg zu einem vielversprechenden Geschäftsmodell in der Green Economy und gab einen Rahmen für die Prototypentwicklung vor. Die folgende Nutzungsevaluation konnte potentielle Probleme durch fehlende Nutzerakzeptanz früh erkennen und minimieren.

Aus den Erkenntnissen der Evaluation lässt sich zusammenfassend ableiten, dass Living Labs einen alltagsnahen Raum bieten um Wirkung, Akzeptanz, Erwartungen und das Potential von Innovationen im Entwicklungsprozess erfassbar zu machen. Im Praxisprojekt konnte gezeigt werden, dass ein entsprechendes Lüftungsunterstützungssystem von Nutzern gut angenommen werden kann. Die weitere Produktentwicklung sollte sich an den formulierten Bedarfen der Nutzer orientieren und von Beginn an eher dezent, informativ und serviceorientiert gestaltet werden. Die quantitative Studie unterstützt diese Ergebnisse, da die emotionale Bewertung bei Lüftungsempfehlungen mit akustischen Signalen weniger positiv ausgefallen ist. Darüber hinaus konnte die Bedeutung des Informationsgehalts einer Lüftungsempfehlung durch die positive kognitive Bewertung gestützt werden.

Das Living Lab inHaus1 erwies sich als attraktiver Anlaufpunkt für relevante Stakeholdergruppen aus dem Bereich Wohnen. Durch die weitgehende Kontrollierbarkeit vieler Parameter äquivalent zu einem Labor und das realweltliche Setting eines Wohnhauses bietet es einen geeigneten Ort für direkte Evaluationen mit Nutzern.

8 Literaturverzeichnis

- Behrend, J. (2016). Integration der Geschäftsmodellentwicklung in Living Labs für nachhaltige Entwicklung: Evaluation einer Methodik im Anwendungsfeld „Nachhaltiges Lüften im privaten Raum“. Haan: Masterarbeit zur Erlangung des akademischen Grades "Master of Science Sustainability Management" der Bergische Universität Wuppertal. Fakultät Wirtschaftswissenschaft.
- Bernsen, N. O., Dybkjaer, L., & Dybkjaer, H. (1998). *Designing Interactive Speech Systems*. London: Springer-Verlag.
- Brankaert, R., den Ouden, E., & Brombacher, A. (2015). *Innovate dementia: the development of a living lab protocol to evaluate interventions in context*. Bingley: Emerald Group Publishing Limited.
- DIN 4108-3. (2014-11). *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz - Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung*.
- Eagly, A. H., & Chaiken, S. (1993). *The Psychology of Attitudes*. San Diego: Harcourt Brace Jovanovich College Publishers.
- Echternacht, L., Geibler, J. v., Stadler, K., Behrend, J., & Meurer, J. (2016). *Methoden im Living Lab: Unterstützung der Nutzerintegration in offenen Innovationsprozessen (Entwurf Methodenhandbuch)*. Arbeitspapier im Arbeitspaket 2 (AS 2.2) des INNOLAB Projekts. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.
- Eicke-Hennig, W. (1999). *Wohnungslüftung, Feuchte und Schimmel in Wohnungen- ein neues Problem?* . Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt.
- Fichter, K., & Antes, R. (2007). *Grundlagen einer interaktiven Innovationstheorie*. Berlin: Borderstep Institut.
- Frondel, M., & Ritter, N. (2013). *Erstellung der Anwendungsbilanzen 2011 und 2012 für den Sektor Private Haushalte*. Essen: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung.
- Gassmann, O., Frankenberger, K., & Csik, M. (2013). *The St. Gallen Business Model Navigator*. St. Gallen: University of St. Gallen.
- Geibler, J. v., Stadler, K., & Echternacht, L. (2016). *Nachhaltigkeitsanforderungen und –bewertung in Living Labs: Konzeption eines Bewertungsmodells*. Arbeitspapier im Arbeitspaket 2 (AS 2.1) des INNOLAB Projekts. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH.
- Geibler, J., Erdmann, L., Liedtke, C., Rohn, H., Stabe, M., Berner, S., et al. (2013). *Living Labs für nachhaltige Entwicklung: Potentiale einer Forschungsinfrastruktur zur Nutzerintegration in der Entwicklung von Produkt- und Dienstleistungen*. Wuppertal: Wuppertal Institut.
- Hassenzahl, M. (2005). Hedonic, Emotional, and Experiential Perspectives on Product Quality. In C. Ghaoui, *Encyclopedia of human computer interaction* (S. 266-272). Los Angeles: Idea Group.
- Helfferich, C. (2004). *Die Qualität qualitativer Daten. Manual für die Durchführung qualitativer Interviews*. Wiesbaden: VS.
- IASS – Institute for Advanced Sustainability Studies e.V Potsdam. (7. 6 2016). *Die nachhaltigen Entwicklungsziele (SDGs) - Das IASS unterstützt mit seiner Forschung den Weg zur 2030 Agenda für*

- nachhaltige Entwicklung. Von <http://www.iass-potsdam.de/de/content/die-nachhaltigen-entwicklungsziele-sdgs> abgerufen
- Jacob, K., Graaf, L., Werland, S., & Langsdorf, S. (2016). Handlungsbedarfe und Optionen für eine innovationsorientierte Ressourcenpolitik in planetaren Grenzen. Berlin: Freie Universität Berlin.
- Mayring, P. (2000). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken (7. Aufl). Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Meurer, J., Erdmann, L., Geibler, J., & Echternacht, L. (2015). Arbeitsdefinition und Kategorisierung von Living Labs. Arbeitspapier im Arbeitspaket 1 (AP 1.1c) des INNOLAB Projekts. Siegen: Universität Siegen Wirtschaftsinformatik und Neue Medien.
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers and Challengers. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2015). Value Proposition Design: Entwickeln Sie Produkte und Services, die Ihre Kunden wirklich wollen. Frankfurt: Campus Verlag.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., & Chapin, F. S. (2009). A safe operating space for humanity. Nature, S. 461,472-475.
- Stadler, K., Geibler, J. v., & Gerringhoff, L. (2016). Methoden im Living Lab: Sustainable Development Goals – Check im Innovationsprozess von Living Labs. Arbeitspapier im Arbeitspaket (AS 2.1) des INNOLAB Projekts. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH.
- UN. (2015). Resolution: Transforming our world the 2030 Agenda for Sustainable Development. Abgerufen am 31. 05 2016 von <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
- Weiner, N. (2010).): Business Models in the Internet of Services: Trends and developments on the German IT-sector. Abgerufen am 25. 05 2016 von Fraunhofer IAO, Berlin.: http://wiki.iao.fraunhofer.de/index.php/Business_Models_in_the_Internet_of_Services:_Trends_and_developments_on_the_German_IT-sector

Anhang

1. Leitfaden für Interview
2. Fragebogen