



Innovation im Blick

Innovationsmethode Reallabor

Eine Typologie

Paul Anduschus | Bernd Bienzeisler | Veronika Prochazka

Im Auftrag des

Inhalt

Executive Summary	4
1. Einleitung	11
2. Entwicklungsgeschichte und theoretischer Hintergrund	12
2.1 Begriffserklärung	12
2.2 Geschichte	13
2.3 Reallabore weltweit	14
2.4 Reallabore als ein Format von offenen Innovationsprozessen	18
3. Identifizierte Gruppen von Reallaboren	20
Gruppe 1: Demonstratorenwelten	22
Gruppe 2: Modulare Living Labs	24
Gruppe 3: KI-Reallabore	26
Gruppe 4: Urban Living Labs	28
Gruppe 5: Smart City Living Labs	30
Gruppe 6: Innovationsareale	32
Gruppe 7: Integrierte Reallabore	34
4. Erläuterung der strukturgebenden Merkmale	36
4.1 Gestaltungsmerkmale und ihre Ausprägungen in der Dimension Ökosystem	37
4.2 Gestaltungsmerkmale und ihre Ausprägungen in der Dimension Rahmenbedingungen	40
4.3 Gestaltungsmerkmale und ihre Ausprägungen in der Dimension Technologie	42
5. Limitationen und Ausblick	45
6. Quellenverzeichnis	46
Impressum	51

Executive Summary

Reallabore sind Test- und Experimentierumgebungen in der realen Welt, die auf dem Open-Innovation-Ansatz basieren und zu gleichen Teilen das Testen und Designen von Technologien verfolgen. Während in der Theorie eingängige Definitionen des Begriffs existieren, zeigt sich in der Praxis jedoch eine erhebliche Bandbreite an Ausgestaltungen solcher Einrichtungen. Die jeweiligen Betreiber*innen von Reallaboren haben dabei ein unterschiedliches Verständnis davon, was genau ein Reallabor ausmacht und für welche Anwendungsfelder es sich eignet: es zeichnet sich eine inflationäre Verwendung des Begriffs »Reallabor« für Test- und Experimentierräume ab. Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich vor diesem Hintergrund mit der Frage, inwiefern sich Reallaborstrukturen in der Praxis gruppieren lassen, was sie kennzeichnet und wie sie sich von anderen Test- und Experimentiereinrichtungen unterscheiden.

Die Forschungsfrage lautete daher: Welche Gruppen von Reallaborstrukturen lassen sich in Literatur und Praxis identifizieren und anhand welcher Gestaltungsmerkmale lassen sie sich klassifizieren?

Es wurden drei Dimensionen identifiziert anhand derer sich Reallabore klassifizieren lassen: Rahmenbedingungen, Ökosystem und Technologie. Die Dimension »Rahmenbedingungen« beschreibt den infrastrukturellen Aufbau eines Reallabors. Die Dimension »Ökosystem« beschreibt die Interaktion eines Reallabors mit seinem Umfeld. Die Dimension »Technologie« beschreibt die Ziele eines Reallabors und die darin im Fokus stehenden Technologien. Jede Dimension beinhaltet drei bis vier Gestaltungsmerkmale mit verschiedenen Ausprägungen, in denen sich Reallabore unterscheiden.

Mit Hilfe des Modells wurden sieben Gruppen von Reallaborstrukturen in der Praxis identifiziert:

Demonstratorenwelten

Künstliche Umgebungen, in denen marktreife Technologien ihrer Realwelt entnommen und zu Demonstrationszwecken wieder aufgebaut werden.

Modulare Living Labs

Häuser oder Areale mit flexibler Infrastruktur, in denen Reallabore mit thematischem Fokus nach Bedürfnissen von Kund*innen gebaut werden können.

KI-Reallabore

Virtuelle Reallabore, in denen Daten einer Umgebung gesammelt, aufgearbeitet und Forscher*innen sowie Entwickler*innen zur Verfügung gestellt werden.

Smart City Living Labs

Testareale für spezifische Technologien im städtischen Kontext.

Urban Living Labs

Reallabore mit Fokus auf Stadtgestaltung, Quartiersentwicklung und gesellschaftlicher Partizipation mit inklusivem Charakter im urbanen Kontext.

Innovationsareale

Große Infrastrukturen wie Technologieparks, von denen Reallabore ein Teil sein können.

Integrierte Reallabore

Bestehende Strukturen, wie beispielsweise eine Fabrik, die durch Umgestaltungen zu einem Reallabor werden, ihre ursprüngliche Funktion jedoch nicht verlieren.

Das Modell soll Entscheider*innen einen ersten Überblick über das Themenfeld Reallabore geben. Es stellt einen analytisch-konzeptionellen Rahmen dar, um bestehende Reallaborstrukturen einordnen zu können.

Weiterhin sind Reallabore von anderen Test- und Experimentier- einrichtungen zu unterscheiden. Dazu zählen vor allem »Testbeds«. Testbeds sind standardisierte, laborartige Welten, in denen häufig neue Technologien und Produkte mit naturwissenschaftlichem Fokus entwickelt werden. In ihnen finden sich oft umfassende medizinische Labore mit neuestem, technischem Gerät, das Start-Ups, Unternehmen und Forscher*innen zur Verfügung gestellt wird. Diese künstlichen, standardisierten Umgebungen schließen demnach explizit möglichst viele Umwelteinflüsse der realen Welt aus und sind eher mit dem klassischen Bild eines in sich geschlossenen Labors in Verbindung zu bringen. Reallabore hingegen öffnen den Untersuchungsraum, indem sie Umgebungsvariablen der realen Welt explizit einschließen. Reallabore fokussieren zu gleichen Teilen das Testen und Designen von Technologien, Produkten oder Services, während Testbeds, wie der Name schon vermuten lässt, den Fokus auf das Testen legen. Die Entwicklung naturwissenschaftlicher Technologien und Produkte eignet sich daher nur bedingt für Reallabore, da sie sensibel auf Umwelteinflüsse reagieren und hoch standardisierten Prozessen bis zur Markteinführung unterliegen. Reallabore eignen sich für Technologien, Produkte oder Services, die davon profitieren, schon im Entwicklungsprozess iterativ unter realen Bedingungen getestet zu werden. Ein Impfstoff kann beispielsweise nicht während seiner Entwicklung iterativ an Menschen getestet werden, im Gegensatz zu einem autonomen Lieferroboter oder einer App.

Demonstratorenwelten

Künstlich errichtete Umgebungen, an denen markt-reife oder Technologien mit sehr hohem Entwick-lungsgrad zu Demonstrationszwecken ausgestellt werden.



© South_agency - iStock

Modulare Living Labs

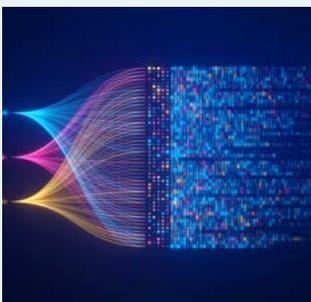
Gebäude oder Areale mit sehr flexibler Infra-struktur, die es ermöglicht, vor Ort verschiedene Reallabore nach Bedarf zu bauen. Sie selbst sind dauerhaft errichtet, während die Reallabore in ihnen meist zeitlich begrenzte Projekte sind.



© sl-f - iStock

KI-Reallabore

Virtuelle Reallabore, die das Sammeln, Aufarbeiten und Zurverfügungstellen von Daten aus der realen Welt fokussieren. In ihnen steht explizit die Entwick-lung neuer Algorithmen oder KI-Services im Vorder-grund, nicht die Entwicklung von Technologien, die KI im Hintergrund nutzen.



© NicoElNino - iStock

Integrierte Reallabore

Reallabore, die in bestehende, ursprünglich geschlossene technische Infrastrukturen integriert werden, wie beispielsweise eine Fabrik. Sie werden meist von einem alleinigen Akteur, wie einem Unternehmen, getrieben und in bestehende Ablä-ufe, Strukturen oder Organisationen integriert.



© Thinkhubstudio - iStock





© Kimwun - iStock



Smart City Living Labs (konkrete Technologie im Fokus)

Bestimmte Form von Urban Living Labs, die sich speziell auf die Implementierung einer bestimmten Technologie im städtischen Umfeld konzentriert. Sie nutzen in Deutschland häufig Experimentierklauseln und können temporär oder dauerhaft errichtet werden.

© gremlin - iStock



Urban Living Labs (ganzheitliche Stadtentwicklung im Fokus)

Reallabore mit gesellschaftlich partizipativem Charakter, die Stadtgestaltung, Mobilität, Quartiersentwicklung oder Nachhaltigkeit fokussieren. Sie können Teil von Innovationsarealen sein und außerdem Smart City Reallabore inkludieren.

© CHUNYIP WONG - iStock



Innovationsareale

Flächenmäßig größte Form von Reallaboren. Große Infrastrukturen wie Technologieparks, Innovationsparks oder Science Parks, aber auch Stadtteile und ganze Länder. Sie bieten die Infrastruktur für weitere Reallabore, die in ihnen errichtet werden.

Abb. 1: Identifizierte Gruppen von Reallaborstrukturen. Reallabore sind vielfältig, lassen sich jedoch anhand in dieser Studie identifizierter Gestaltungsmerkmale in sieben Gruppen einteilen.

Handlungsempfehlungen

Das dauerhafte Betreiben von Reallaboren ist in der Praxis mit großen Herausforderungen hinsichtlich ihrer langfristigen Finanzierung, ihrer tatsächlichen Innovationskraft und der Gestaltung von attraktiven Angeboten für externe Partner verbunden. Reallabore erfolgreich aufzubauen und Innovation durch sie herbeizuführen bedarf daher einer gründlichen Auseinandersetzung mit der Infrastruktur, dem Umfeld und den Technologien innerhalb des Reallabors. Aus der Analyse der Praxisbeispiele lassen sich demnach die folgenden Handlungsempfehlungen ableiten.

Reallaborstrukturen langfristig anlegen!

Reallabore haben kurz- und mittelfristig eine politische Strahlkraft und können medienwirksam eingesetzt werden. Eine tatsächliche Innovation durch Reallabore herbeizuführen ist jedoch deutlich schwieriger. Dies ist unter anderem in der Finanzierung begründet: die Entwicklung von Angeboten, die auch nach anfänglichen Investitionen genug Anreize für externe Partner zur langfristigen Finanzierung von Reallaboren bieten, ist herausfordernd. Beim Aufbau von Reallaboren sollten Entscheider*innen einen besonderen Fokus auf die langfristige Ausrichtung und die damit verbundenen Ertragsstrukturen legen.

Flexible Geschäftsmodelle entwickeln!

Kurzfristig werden Reallabore oftmals mit öffentlicher Anschubfinanzierung initiiert; ein langfristiger wirtschaftlicher Betrieb ist jedoch schwierig zu realisieren. Die Entwicklung des Geschäfts- und Ertragsmodells sollte daher langfristig ausgelegt sein und eine hohe Flexibilität und Anpassungsfähigkeit aufweisen. So können Reallabore langfristig Teil einer Forschungsinfrastruktur werden, die sowohl für private wie auch für öffentliche Finanzierungen offen ist. Sie können außerdem indirekte Wertschöpfungsbeiträge leisten, die transparent gemacht werden müssen.

Potenziale von Experimentierklauseln richtig nutzen!

Ein Hindernis beim Testen neuer Technologien kann in rechtlichen Hürden bestehen. Im deutschen Recht existieren Experimentierklauseln, die es ermöglichen, bestimmte Gesetze für einen begrenzten Zeitraum zur Erprobung neuer Technologien auszusetzen oder anzupassen. Das Genehmigungsverfahren für die Nutzung von Experimentierklauseln ist jedoch ebenso komplex wie bürokratisch und kann viel Zeit in Anspruch nehmen. Entscheidungsträger*innen sollten daher frühzeitig strategische Partnerschaften mit Behörden aufbauen und von bestehenden Reallaboren, die Experimentierklauseln nutzen, lernen.

Offene Innovationsstrukturen optimal nutzen!

Ein wesentlicher Mehrwert von Reallaboren besteht in der Einbeziehung unterschiedlicher Akteure und Stakeholder in den Innovationsprozess. Eine solche Offenheit steht jedoch vielfach im Widerspruch zu geschlossenen Innovationsprozessen in Unternehmen. Reallaborstrukturen sind daher besonders geeignet, wenn es um Innovationen geht, die über das unmittelbare Kerngeschäft von Unternehmen hinausgehen und erst durch die Einbeziehung externer Partner möglich werden.

Aktives Innovationsmanagement betreiben!

Eine Öffnung des Innovationsprozesses kann durch das Eingehen von Partnerschaften mit Universitäten, Start-Ups, Lieferant*innen oder Kund*innen erfolgen. Um dies zu erreichen, müssen sich Entscheidungsträger*innen einerseits davon lösen, Innovationsprozesse vollständig zu kontrollieren. Andererseits müssen vertrauensvolle Innovationspartnerschaften aufgebaut und gemanagt werden. Die wesentliche Leistung von Reallaboren besteht daher im Betrieb eines kontinuierlichen Innovations- sowie Partner- und Relationshipmanagements im Ökosystem, für das entsprechende personelle und finanzielle Kapazitäten vorgesehen werden müssen.

Mehr Reallabor im operativen Betrieb wagen!

Auch bestehende Wertschöpfungsprozesse in Unternehmen können zu Reallaborstrukturen weiterentwickelt werden. Dabei handelt es sich um unternehmensinterne oder integrierte Reallabore, die ihre Strukturen innerhalb der Organisation öffnen und so Erprobungsräume für neue Technologien, Produkte und Services ermöglichen. Unternehmen wissen oftmals nicht, wie produktive Wertschöpfungsbereiche für Innovationszwecke besser genutzt werden können. Hier gilt es, mehr Reallabor zu wagen. Die Förderung eines unternehmerischen Mindsets und ein geschärfter Blick dafür, wo Reallabore zum Einsatz kommen können, können erste wegweisende Schritte in der Identifizierung von möglichen Reallaboren im eigenen Unternehmen sein.

Gleichzeitig gilt es jedoch den Output eines Reallabors nicht an unternehmensinterne Kennzahlen zu knüpfen. Ein Reallabor ist als langfristige Investition in die Innovationskraft eines Unternehmens zu verstehen, was entsprechend umsichtig gewählte Erfolgsindikatoren erforderlich macht. Hierfür eignen sich Beispiele aus anderen Reallaboren, die ihren Erfolg beispielsweise an der Anzahl involvierter Start-Ups oder generierter Prototypen messen.

Reallaborstrukturen und Innovationsgrade synchronisieren!

Reallabore können nicht nur zur Entwicklung neuer Produkte und Services errichtet werden, sondern beispielsweise auch für den Netzwerkaufbau oder die Demonstration von Produkten. Je nach Reifegrad der Technologien eignen sich unterschiedliche Typen von Reallaborstrukturen: weisen die Technologien etwa einen hohen Reifegrad auf, eignet sich das Reallabor für Demonstrationszwecke für externe Partner und entsprechende Schulungs- und Beratungsangebote. Befinden sich Reallaborstrukturen am Anfang ihrer Entwicklung, eignen sie sich vor allem offene für kooperative Forschungsprojekte.

Digitale Services und Datenprodukte in den Fokus stellen!

Die prinzipiell offenen Strukturen von Reallaboren unterstützen vor allem die Entwicklung digitaler Services und serviceorientierter Datenprodukte, die auf die unternehmensübergreifende Einbeziehung von Kunden und Kooperationspartnern abstellen und die mit neuen Wertschöpfungskonzepten und Geschäftsmodellen einhergehen. Reallabore ermöglichen es, neue Wege in der Produktentwicklung durch Kooperationen und Partnerschaften auszuprobieren. Reallabore bieten für diese Produktgruppe eine Spielwiese, auf der sowohl Daten generiert als auch Partnerschaften gestärkt und neue Erkenntnisse zu Tage gefördert werden. Die Ausrichtung und der Betrieb von Reallaboren sollten daher diese Innovationen von Beginn an in den Mittelpunkt stellen.

1. Einleitung

Innovationzyklen werden immer kürzer. Viele Branchen sehen sich seit dem Aufkommen des Internets mit sinkenden Produktionskosten, mit steigenden Investitionen und infolgedessen mit immer schneller auf den Markt kommenden Produkten konfrontiert. Ein jüngstes Beispiel für diese Entwicklung zeichnet sich im Feld der künstlichen Intelligenz (KI) ab. So verzeichnen die weltweit eingereichten Patente im Feld der KI ein jährliches Wachstum von knapp 77 Prozent, wie Abbildung 2 verdeutlicht. Gleichzeitig sinken die Entwicklungskosten für KI-basierte Produkte drastisch (-63 Prozent seit 2018), während sich die Trainingszeit für KI-Modelle erheblich verbessert (94 Prozent schneller im Vergleich zu 2018). Auch das globale Investitionsvolumen im KI-Sektor hat sich seit 2020 mehr als verdoppelt, auf über 90 Milliarden Dollar im Jahr 2021 (Zhang et al., 2022).

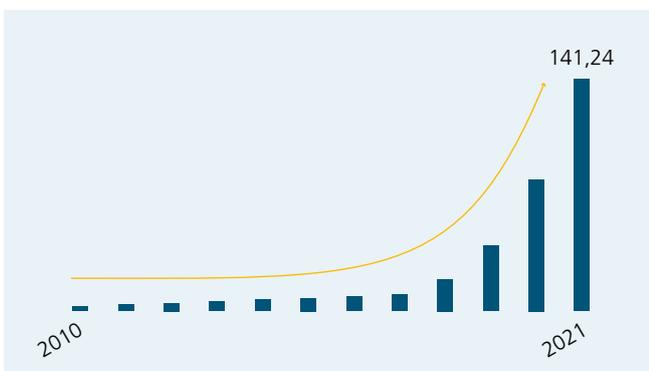


Abb. 2: Anzahl eingereicherter Patente im Bereich KI von 2010 bis 2021. Zwischen 2015 und 2021 haben sich die weltweit eingereichten Patente für künstliche Intelligenz mehr als verdreifacht. Quelle: Zhang et al. (2022).

Solche Innovationsumfelder haben erhebliche Auswirkungen auf die Art, wie Unternehmen Innovation betreiben. Unternehmen, die in diesen Umfeldern Produkte in geschlossenen R&D-Abteilungen entwickeln, abgeschirmt von der Außenwelt, sind erheblich im Nachteil gegenüber agilen, offenen Organisationen, die über die eigenen Unternehmensgrenzen hinausdenken. Ihre Prozesse sind zu langsam, Kundenfeedback wird zu spät eingeholt und höchstwahrscheinlich sitzen im eigenen Haus nicht die besten Köpfe der Welt. Unternehmen, die ihre Innovationsprozesse für externe Parteien öffnen,

Partner*innen, Kund*innen und Lieferant*innen involvieren, scheinen deutlich besser aufgestellt, um in diesen Marktumfeldern bestehen zu können. Es gilt, kulturell von »not invented here« to »proudly found elsewhere« (Ozkan, 2015, S. 1499) zu konvertieren.

Ein vielversprechender und viel diskutierter Ansatz sind vor diesem Hintergrund Reallabore (zu Englisch: Living Labs). Sie stellen Entwicklungsumfelder dar, in denen neue Technologien, Produkte oder Services unter realen Einsatzbedingungen gleichzeitig getestet und entwickelt werden können. Reallabore stellen für Innovator*innen ein Innovationstool dar, mit dem Innovationsprozesse kontrolliert geöffnet werden können, ohne dabei gänzlich die Kontrolle zu verlieren.

In der Praxis zeigt sich dabei eine große Vielfalt in der Ausgestaltung von Reallaboren. Sie können digitale Plattformen, einzelne Räume oder Gebäude bis hin zu Stadtteilen und sogar ganzen Ländern darstellen. Auch neben der räumlichen Komponente scheinen Reallabore ein komplexes Geflecht aus verschiedensten Akteur*innen aus Wirtschaft, Wissenschaft, Gesellschaft und Politik zu sein. Sie werden mit unterschiedlichen Motivationen und Zielen errichtet, involvieren keine bis hin zu mehreren tausend Nutzer*innen und können stellenweise sogar bestehende Gesetze aushebeln.

Was also sind Reallabore? Wodurch zeichnen sie sich aus und welche Vorteile bieten sie in der Produktentwicklung? Angesichts der Vielfalt des Konzeptes soll die vorliegende Publikation eine Übersicht über Reallabore aus verschiedenen Perspektiven geben. Im Kern der Untersuchung steht dabei die Gruppierung von Reallaboren in der Praxis anhand strukturgebender Gestaltungsmerkmale. Dabei werden im Hauptteil der Studie sieben identifizierte Gruppen von Reallaborstrukturen klassifiziert und anhand von Beispielen aktuell existierender Reallabore greifbar gemacht. Darüber hinaus wird auf die historische Entwicklung des Konzeptes und auf aktuelle Verständnisse in den USA, in Europa und in Asien eingegangen. Weiterhin werden Reallabore gegenüber anderen Innovationsmethoden wie Prototyping abgegrenzt und aus theoretischer Sicht mit dem Open-Innovation-Ansatz in Verbindung gebracht.

2. Entwicklungsgeschichte und theoretischer Hintergrund

Einen zentralen Meilenstein bei der Entwicklung von Reallaboren setzten die Professoren William J. Mitchell und Jarmon Suominen mit ihrem Team am Massachusetts Institute of Technology (MIT). Unter dem Namen PlaceLab eröffneten die Wissenschaftler*innen im Jahr 1999 ein vollständig mit Sensorik ausgestattetes Apartment, um das Alltagsverhalten von Personen zu Hause zu untersuchen. Die ca. 92 Quadratmeter große Wohnung in Cambridge verfügte über eine großzügige Aufteilung von u. a. separatem Wohn- und Esszimmer sowie einem Büro und zwei Bädern für eine Person. Hinter den völlig normal aussehenden Fassaden befand sich jedoch eine komplexe Infrastruktur aus Kameras, Mikrofonen, Bewegungsmeldern, Sensoren zur Überprüfung der Luftqualität, Thermometern und weiterem Gerät. Freiwillige Proband*innen konnten das PlaceLab kostenfrei für mindestens zehn Tage beziehen und stellten im Gegenzug Daten über ihr Alltagsverhalten zur Verfügung. Insgesamt 80 Sensoren registrierten so beispielsweise das Öffnen und Schließen von Schränken und Lichtschaltern, des Ofens und des Kühlschranks, erzeugten Wärmebilder und Bewegungsmuster der Person und werteten Audiomaterial aus.

Ausgehend von der Beobachtung, dass Alltagsprodukte oft nicht wirklich nutzerfreundlich entworfen waren, vermuteten die Wissenschaftler*innen des MIT, dass dies womöglich daran liege, dass die Entwicklungsabteilungen von Produkten wenig mit tatsächlichen, zukünftigen Nutzer*innen im Entwicklungsprozess interagierten. Vielmehr wurde davon ausgegangen, dass in den Entwicklungsabteilungen der Produkte genug Wissen vorhanden war, um Produkte nach den Wünschen der Kund*innen zu entwerfen. Da die Datenbasis, auf der so Entscheidungen getroffen wurden, jedoch sehr klein ist, war das Ziel des PlaceLab, den Entwicklungsprozess von neuen Technologien durch zusätzliche, reale Nutzerdaten anzureichern.

2.1 Begriffserklärung

Das Beispiel PlaceLab verdeutlicht einige zentrale Unterschiede zwischen einem Labor und einem Reallabor: Das herkömmliche, naturwissenschaftliche Labor zieht klare Grenzen zwischen Innen und Außen. Es ist ein sorgfältig geplantes Set-Up; die reale Welt und ihre Komplexität, Zufälligkeit und Unkontrollierbarkeit werden möglichst ausgeschlossen (Guggenheim, 2012). Ein Reallabor hingegen öffnet dieses Umfeld, indem ein Gegenstand oder eine Technologie in seinem natürlichen Umfeld untersucht wird. Reallabore finden in bereits bestehenden tatsächlichen Umgebungen statt, wie beispielsweise einer Stadt, einer Fabrik, einem Park oder einem Straßenabschnitt:

»there is no harsh distinction between inside and outside, a place where one starts reconstructing, innovating and inspiring one's surroundings in a practical manner.« (Wanner et al., 2018, S. 95)

Umgebungsvariablen werden in Reallaboren als Teil des Innovationsumfeldes bewusst als zentrales Element bei der Entwicklung neuer Produkte oder Services verstanden. Definitionen von Reallaboren unterstreichen zudem meist die Integration verschiedener Stakeholder im Innovationsprozess, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß. Das European Network of Living Labs (ENoLL), eines der größten, internationalen Netzwerke für Reallabore, definiert Reallabore wie folgt:

»Living Labs are real-life test and experimentation environments that foster co-creation and open innovation among the main actors of the Quadruple Helix Model, namely Citizens, Government, Industry [and] Academia« (ENoLL, 2022)

Westerlund und Leminen (2011) unterstreichen darüber hinaus, dass Reallabore auch in digitalen Umgebungen existieren können:

»Physical regions or virtual realities where stakeholders form public-private-people partnerships (4Ps) of firms, public agencies, universities, institutes and users, all collaborating for creation, prototyping, validating and testing of new technologies, services, products and systems in real-life contexts« (S. 20)

Wesentliche Erkenntnis

- Reallabore sind Test- und Experimentierräume in der realen Welt.
- Ein klassisches Labor ist eine sterile Umgebung, in der Umgebungsvariablen ausgeblendet werden.
- In Reallaboren wird dieses Feld geöffnet und Umgebungsvariablen werden aktiv mit einbezogen.
- Sie basieren auf dem Open-Innovation-Ansatz und involvieren mehrere Akteure.

Reallabore adressieren demnach neue Technologien und verschiedene Akteure. In der Praxis hat sich neben diesen grundsätzlichen Charakteristika der Aufbau von Reallaboren über die Zeit verändert. Daher lohnt es sich einen kurzen Blick auf ihre Entwicklungsgeschichte zu werfen.

2.2 Geschichte

Das Ende der 1990er am MIT ins Leben gerufene PlaceLab und die dabei generierten Daten erlangten schnell Aufmerksamkeit in Europa. Eines der ersten Unternehmen, das den Mehrwert einer solchen natürlichen Untersuchungsumgebung erkannte, war Nokia. Die beiden Mitarbeiter Veli-Pekka Niitamo und Antti Korhonen nahmen Kontakt zum MIT auf und etablierten kurze Zeit später, im Jahr 2001, eines der ersten europäischen Reallabore in Espoo, Finnland. Unter dem Namen NokiaSpaceLab untersuchte das Unternehmen hier in ähnlicher Manier Hardware und Software-Lösungen in ihrem alltäglichen Gebrauch (Leminen & Westerlund, 2019). Nokia experimentierte darüber hinaus mit damals neuen Technologien wie SMS auf völlig neue Art und Weise: Anstatt, wie sonst üblich, eine kleine Gruppe von Nutzer*innen ins Unternehmen einzuladen, um die neue Technologie auszuprobieren, gab Nokia hunderte Telefone kostenlos an die Bevölkerung aus, »to see what happens« (Leminen & Westerlund, 2019, S. 257). Solche und ähnliche Experimente wurden in Arabianranta, Finnland, durchgeführt, eine urbane Gegend, die in Kollaboration mit weiteren Akteur*innen als eine Art Experimentierfeld für neue Technologien rund um »Home Living« definiert wurde. Das unter dem Namen »Helsinki Living Lab« zusammengefasste Vorhaben war damit eines der Projekte, das als Reallabor verstanden wurde. Auch in anderen europäischen Ländern entstanden Anfang der 2000er Jahre ähnliche städtische Projekte, bei denen Haushalte mit neusten Technologien ausgestattet, neue Verkehrskonzepte getestet oder neue Kommunikationstechnologien erforscht wurden (Følstad, 2008). Dabei erstreckten sich die Reallabore zunächst über kleine Areale und wuchsen in der Größe weiter an, bis sie sich auch über ganze Regionen und Städte verbreiteten, die als Areal zum Testen neuer Technologien genutzt wurden.

Als Vorsitz des Rats der Europäischen Union etablierte Finnland daraufhin im Jahr 2006 das European Network of Living Labs (kurz: ENoLL). Zu diesem Zeitpunkt existierten bereits 20 Reallabore in 15 europäischen Mitgliedsstaaten, für die das ENoLL die Schirmherrschaft übernahm (European Network of Living Labs, 2022). Das ENoLL kann als Big Bang für Living Labs in Europa gesehen werden und ist die erste Anlaufstelle für die Zertifizierung von Reallaboren, Netzwerk und Kontaktpunkt sowie Kommunikations- und Lehrstelle (Schuurman, 2015). Das ENoLL öffnete sich schließlich auch für nicht-europäische Living Labs und gilt heute als die weltweit größte Organisation in ihrem Feld.

Am MIT lag der Fokus so zunächst auf dem Beobachten, das Reallabor wurde als Verlängerung oder Erweiterung des klassischen Labors verstanden (Schuurman et al., 2012). In Europa entwickelte Nokia den Ansatz auf partizipativer Ebene weiter:

»The basic idea is not about using the users as »guinea pigs« for experiments, it's about getting access to their ideas and knowledge« (Niitamo et al., 2006, S. 4)

Nutzer*innen sollten also nicht nur als Beobachtungsobjekt verstanden werden, über die es möglichst viele Daten zu sammeln gilt, um anschließend auf Basis dieser Daten Produkte zu designen – warum nicht Nutzer*innen direkt in den Entwicklungsprozess integrieren? Schließlich, so die Vermutung, könnten sie besser einschätzen, ob sie ein bestimmtes Produkt tatsächlich auch benutzen würden oder nicht.

Bisherige Entwicklungsprozesse waren »often trial and error like, (...) were the developer responds with concept models or prototypes to solve the needs until the user is sufficiently satisfied« (Niitamo et al., 2006, S. 3). Reallabore bieten für dieses Problem insofern eine Lösung, als dass Nutzer*innen direkt in den Innovationsprozess mit einbezogen werden können. Auf Basis dieses Grundverständnisses in den USA und in Europa entwickelten sich verschiedene Gestaltungsformen von Reallaboren, die im nächsten Schritt betrachtet werden.

Wesentliche Erkenntnis

- Eines der ersten Reallabore entstand am MIT.
- Nokia hat das Konzept Anfang der 2000er nach Europa gebracht.
- In Europa erlebten Reallabore zunächst im städtischen Kontext einen Boom.
- 2006 bildete sich das European Network of Living Labs, heute die größte Organisation der Welt für die Zertifizierung von Reallaboren, Netzwerkaufbau und Fortbildungen.

2.3 Reallabore weltweit

Abhängig von ihrer geographischen Lage zeigen sich verschiedene Verständnisse des Reallabor-Ansatzes. Es folgt eine Übersicht über das klassische Verständnis aus den USA, seine europäische Weiterentwicklung und eine kurze Betrachtung der Entwicklung von Reallaboren in Asien.

USA

In der Entwicklung des Verständnisses von Reallaboren zeigen sich zentrale Unterschiede zwischen den Vorgehensweisen am MIT und bei Nokia, die im Zeitverlauf zur Herausbildung von zwei verschiedenen Arten von Reallaboren geführt haben: American Living Labs und European Living Labs. American Living Labs zeichnen sich dadurch aus, dass sie den Fokus weiterhin stark auf »Beobachten« und »Daten sammeln« legen. Reallabore in Europa dagegen legen den Fokus stärker auf die Partizipation von Nutzer*innen und verfolgen einen inklusiveren Ansatz (Ballon & Schuurman, 2015).

Weiterhin ist festzuhalten, dass Reallabore in den USA meist nicht alleinstehende Einrichtungen sind, sondern in größere Innovationsareale eingebettet sind. Hintergrund ist hierbei, dass das übergeordnete Ziel von Reallaboren darin besteht, neue Technologien, Produkte oder Services zu entwickeln, mit denen Wettbewerbsvorteile am Markt oder während des Entwicklungsprozesses erzielt werden können. Zur Entwicklung neuer Produkte bedarf es jedoch nicht ausschließlich einer realgetreuen Testumgebung, sondern auch der Räumlichkeiten zum Arbeiten, der technischen Infrastruktur, des Zugangs zu externem Wissen von Unternehmen oder Universitäten etc. Innovationsprozesse sind dabei oft nicht geradlinig und nur schwer vorherzusehen. Klar ist jedoch, dass die Entwicklung neuer Produkte, Technologien und Services durch eine offene Innovationskultur gefördert wird. Basierend auf dem Open-Innovation-Ansatz haben Unternehmen und Forschungseinrichtungen in den USA verstanden, dass neue Produkte und Technologien in solchen Umfeldern deutlich schneller mit Endnutzer*innen getestet werden können, als sie zunächst in geschlossenen F&E-Abteilungen zu entwickeln und dann auf den Markt zu bringen.

Dazu bedarf es geeigneter Test- und Experimentierumgebungen, die es Forscher*innen, Entwickler*innen, Nutzer*innen und Unternehmer*innen ermöglichen, gemeinsam auf einer Art Spielwiese zu kollaborieren. Solche Infrastrukturen werden in den USA meist als Innovation Labs beschrieben, von denen Reallabore ein Teil sein können. Sie bieten darüber hinaus

jedoch zahlreiche weitere Angebote wie Co-Working-Spaces, Hackathons, Werkzeuge, Maschinen und Zugang zu Kapital, um Innovationsprozesse finanzieren zu können.

Eines der weltweit größten Beispiele dafür ist die zum Alphabet-Konzern gehörende X Company. Die ehemalige Forschungsabteilung von Google ist seit 2016 ein eigenes Unternehmen und fokussiert ausschließlich die Entwicklung radikaler, bahnbrechender Technologien. Auf dem Campus der X Company in der Nähe des Google-Hauptsitzes werden Reallabore situativ aus dem Boden gestampft, um beispielsweise autonome Nutzfahrzeuge für die Landwirtschaft, Drohnen zur Bewässerung, Stratosphären-Ballons für flächendeckende Internetnutzung und autonom fahrende Autos direkt in ihren späteren Einsatzumfeldern vor Ort zu testen. Die so gut wie unendlichen finanziellen Ressourcen des Konzerns bieten dabei die Möglichkeit, das Testareal vor Ort nach den Bedürfnissen jeder Technologie einzurichten. Vom Google-Gründer Larry Page heißt es dazu:

»Der Preis, hinter dem wir her sind, ist so groß, dass Geld auf dem Weg dorthin keine Rolle spielt« (Page zitiert nach Schulz, 2014, o. S.)

Ein weiteres, sehr erfolgreiches Modell aus den USA sind die Harvard Innovation Labs. In den letzten zehn Jahren unterstützte das Innovationszentrum der Harvard Universität mehr als 4.700 Gründer*innen, mit einem neuen Rekord von 576 Start-Ups, die allein im Herbst 2022 verschiedene Angebote des Innovationszentrums in Anspruch genommen haben (Harvard innovation labs, 2022).

Dazu gehören verschiedene Inkubator-Programme, Co-Working-Spaces und Reallabore, die aufstrebenden Gründerteams helfen, ihre Ideen in Firmen zu verwandeln. Das Ökosystem ist dabei in drei Labs strukturiert. Das Student i-lab bietet Student*innen aller Fakultäten eine erste Anlaufstelle mit Workshops, einem Expertennetzwerk, Co-Working Spaces und verschiedenen Programmen. Das Launch Lab X Geo richtet sich an Harvard-Alumni, die aufstrebende Start-Ups mit Kontakten, Feedback-Sessions und Workshops unterstützen. Das Pag-lica Harvard Life Lab ist ein über 1000 m² großes Gebäude, das sich an Start-Ups der Life Sciences richtet. Um die hohen Entwicklungskosten in diesem Sektor für Gründerteams zu erleichtern, bietet die Einrichtung neben Co-Working Spaces und Konferenzräumen Laborumgebungen mit neuestem Equipment, in denen Start-Ups ihre Ideen testen können. Auch wenn sich letzteres Lab nicht als Reallabor klassifizieren lässt, sondern eher als tatsächliches, naturwissenschaftliches Labor, so finden Reallabore auch in diesem Ökosystem Anwendung. Teil der Harvard Innovation Labs ist nämlich auch das MIT Big Data Living Lab, das den gesamten Campus des MIT in ein

datengetriebenes, digitales Reallabor verwandelt. Hier werden verschiedene Datenpunkte am Campus gesammelt, aufgearbeitet und in Datasets zur Verfügung gestellt.

Reallabore finden sich in den USA demnach nur selten als eigenständige Lösung wieder, vielmehr werden sie als Innovationsmethode verstanden, die an strategischen Punkten in Innovations-Ökosystemen zum Einsatz kommt. Wirtschaft und Wissenschaft arbeiten in solchen Infrastrukturen eng zusammen und profitieren von gegenseitigem Wissensaustausch. Reallabore werden hier als spezifische Methode eingesetzt, sofern sich ein Anwendungsfall dafür anbietet. Im Einsatz fokussieren sie dann meist das Sammeln und Aufbereiten von realen Daten über Nutzer*innen, Maschinen oder Umgebungen.

Europa

Solche Innovationsareale, von denen Reallabore ein Teil sein können, gibt es auch in Europa. Hier werden sie beispielsweise von SAP, VW oder Siemens betrieben. Im Unterschied zu den USA beschäftigt sich jedoch in Europa auch der Staat intensiv mit dem Format Reallabore. Dabei liegt der Fokus staatlicher Akteur*innen meist auf der Erprobung neuer Technologien und Services in der Stadtentwicklung. Deutschland fokussiert dabei beispielsweise seit 2018 eine Reallabor-Strategie, mit der die Entwicklung von neuen Technologien über Reallabore im städtischen Raum vorangetrieben werden soll. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) veröffentlichte dazu ein Handbuch für Reallabore, das Unternehmen, Kommunen und Interessierten einen guten Überblick über die Reallabor-Landschaft in Deutschland aus staatlicher Perspektive gibt. Es enthält zahlreiche Beispiele zu Reallaboren im städtischen Kontext und beschreibt den Einsatz von Reallaboren als zielgerichtetes Mittel, um die Innovationskraft bei der Entwicklung neuer Technologien zu erhöhen beziehungsweise ihre Entwicklungszeit zu verkürzen.

Im Entstehungsprozess solcher staatlich geförderten Reallabore im städtischen Kontext ist dabei eine Vielzahl von Akteur*innen involviert (städtische Kommunen, Verwaltungen, Beiräte, Kommunalpolitik, etc.). Damit diese Akteur*innen effizient und zielgerichtet zusammenarbeiten können, bedarf es eines regulatorischen Rahmens. In der EU wird dieser Rahmen durch sogenannte Experimentierklauseln geschaffen.

Experimentierklauseln sind Gesetzesteile, mit denen bestehende Gesetze für einen bestimmten Zeitraum ausgehebelt werden können, um neue Technologien zu testen. Solche Experimentierklauseln bieten dem Staat die Möglichkeit, die Vereinbarkeit von neuen Technologien mit bestehenden Gesetzen zu überprüfen und ggf. neue Gesetze zu schaffen oder bestehende anzupassen.

In einigen europäischen Ländern, darunter auch Deutschland, existieren solche Klauseln bereits in bestimmten Gesetzen, die es beispielsweise erlauben, die Straßenverkehrsordnung unter bestimmten Voraussetzungen für autonome Fahrzeuge auszusetzen oder anzupassen:

»(1) Die Straßenverkehrsbehörden können die Benutzung bestimmter Straßen oder Straßenstrecken (...) beschränken oder verbieten und den Verkehr umleiten. Das gleiche Recht haben sie (...) zur Erforschung des Unfallgeschehens, des Verkehrsverhaltens, der Verkehrsabläufe sowie zur Erprobung geplanter verkehrssichernder oder verkehrsregelnder Maßnahmen.« (Straßenverkehrs-Ordnung (StVO), 2013, § 45 Abs. 1 Satz 2 Nr. 6)

Eine weitere Experimentierklausel findet sich im Personenbeförderungsgesetz:

»Zur praktischen Erprobung neuer Verkehrsarten oder Verkehrsmittel kann die Genehmigungsbehörde auf Antrag im Einzelfall Abweichungen von Vorschriften dieses Gesetzes oder von auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Vorschriften für die Dauer von höchstens vier Jahren genehmigen, soweit öffentliche Verkehrsinteressen nicht entgegenstehen.« (PBefG, 2022)

Solche Klauseln haben bereits Reallabore in unterschiedlichen Formaten in Deutschland ermöglicht: z. B. beim Einsatz von autonomen Bussen in Hamburg, beim Testfeld autonomes Fahren in Baden-Württemberg, bei der Medikamentenlieferung per Drohne, bei der Verkehrsflusssteuerung durch KI oder bei medizinischen Beratungen per App (BMW, 2019).

Das Handbuch für Reallabore enthält eine gute Übersicht über die aktuell im deutschen Recht existierenden Experimentierklauseln sowie einen Schritt-für-Schritt-Leitfaden zum Aufsetzen eines Reallabors in diesem städtischen, staatsinvolvierten Kontext. Weiterhin fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz im Rahmen des siebten Energieforschungsprogramms zahlreiche Reallabore deutschlandweit, um die Energiewende voranzutreiben. Eine Übersicht der umfassenden Förderprogramme findet sich auf der [Website](#) des Programms.

Darüber hinaus soll 2023 auf EU-Ebene ein Leitfaden erscheinen, in dem »ein Überblick über die wichtigsten bestehenden Experimentierklauseln und Reallabore im EU-Recht gegeben [wird] und Innovatoren (...) nützliche Hinweise für die Festlegung von Bereichen und die Einrichtung von Versuchsräumen wie Reallabore, "Living Labs" oder Testumgebungen [erhalten]« (European Commission, 2022, S. 10). Auch andere europäische Länder wie Frankreich und Ungarn haben entsprechende Rechtsgrundlagen geschaffen (Brandt et al., 2021).

Staatliche Akteure verwenden für Reallabore auch den Begriff »Regulatory Sandbox« und definieren sie hier, anders als im wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Kontext, explizit über das Aussetzen, Schaffen oder Anpassen von (bestehenden) Gesetzen zum Testen neuer Technologien in ihren realen Einsatzfeldern. Der Begriff Sandboxing kommt dabei aus der IT. Dort steht er für digitale Testräume, in denen Code-Abschnitte unabhängig getestet werden können.

Ein Grund für die intensive Auseinandersetzung des Staates mit Reallaboren in der EU (im Vergleich zu den USA) ist das European Paradox. Es beschreibt die Erscheinung, dass sowohl Wissenschaftler*innen als auch Arbeitskräfte in Europa und den USA sehr gut ausgebildet sind, die USA jedoch deutlich besser darin sind, wissenschaftliche Erkenntnisse in marktreife Innovationen zu übersetzen. Oder, wie Herranz & Ruiz-Castillo (2013) beschreiben:

»Europe plays a leading world role in terms of scientific excellence, but lacks the entrepreneurial capacity of the US to transform this excellent performance into innovation, growth, and jobs« (S. 2)

Bereits 2007 stellte die europäische Kommission hierzu auch empirisch fest, dass europäische Universitäten im Schnitt deutlich weniger Patente und Erfindungen hervorbringen als amerikanische. Zentrale Gründe für den schwächeren Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft in der EU sind kulturelle Unterschiede zwischen Forschung und Praxis, rechtliche Hürden, die in den USA so nicht existieren, wie beispielsweise die DSGVO, und fragmentierte Märkte für Wissen aufgrund der vielen Mitgliedsstaaten der EU und dementsprechend vielen Sprachen (European Commission, 2007). Zur Förderung des Wissenstransfers zwischen Forschung, Wirtschaft und Gesellschaft zählt die EU daher auch Reallabore als wichtiges Standbein, während der amerikanische Staat sich über einen selbstständigen und erfolgreichen Transfer zwischen Universitäten und Unternehmen freuen kann.

Asien

Im Vergleich zu den USA und Europa scheinen Reallabore im asiatischen Raum noch recht wenig verbreitet zu sein. Auf staatlicher Ebene finden sich dabei vereinzelt Initiativen, beispielsweise aus Südkorea. Mit dem [Seoul Innovation Park](#) initiierte die Stadt eine soziale Innovationsplattform, in der Bürger*innen, Organisationen und Unternehmen gemeinsam Lösungen für soziale Probleme entwickeln sollen. Teil davon ist auch ein [Reallabor](#), in dem urbane Entwicklungsprojekte der Mega-Stadt vorangetrieben werden sollen. Ebenfalls in Südkorea findet sich das Dorf Seongdaegol, das seit 2015 als Reallabor für erneuerbare Energien fungiert und bereits nationale sowie internationale Preise für verschiedene umgesetzte

Initiativen gewann. Ursprünglich von Bürger*innen ins Leben gerufen, entwickelte sich das Dorf nun zu einem Ökosystem aus Universitäten, Forschungseinrichtungen, Unternehmen und lokalen Behörden, die gemeinsam beispielsweise eine DIY-Solaranlage entwickelten (Park & Fujii, 2022). Im Fokus stehen bei solchen Initiativen die Bildung eines gesellschaftlichen Diskurses, Wissensvermittlung und Partizipation, ähnlich wie bei europäischen Reallaboren im urbanen Raum. Darüber hinaus finden sich auch vermehrt Reallabore mit Fokus auf digitale Technologien. So kündigte Singapur an, das gesamte Land zu einem Reallabor für KI-Anwendungen zu definieren. Im Vordergrund steht dabei auch die Vereinfachung regulatorischer Hürden beim Einsatz neuartiger KI-Anwendungen, ähnlich wie die europäische Strategie der Experimentierklauseln.

Weiterhin existieren Kooperationsprojekte zwischen der EU und China, wie das Trans-Urban-EU-China Programm oder das ProGiReg. Europäische Akteur*innen scheinen hier den partizipativen Charakter staatlich initiiert Reallabore zu vermitteln und asiatische Akteur*innen beim Aufbau entsprechender Strukturen im eigenen Raum zu unterstützen.

Asiens Tech-Giganten haben darüber hinaus selbstständige Forschungs-Infrastrukturen aufgebaut, die ebenfalls die Themenfelder KI, 5G, Blockchain, autonomes Fahren usw. fokussieren. Huawei betreibt beispielsweise 14 eigene Forschungseinrichtungen weltweit, Baidu expandiert mit Innovationszentren direkt ins Silicon Valley, Tencent baut ebenfalls ein KI-Zentrum in den USA und Alibaba betreibt mit der Damo Academy insgesamt 16 Forschungseinrichtungen mit digitalem Fokus. Ob Reallabore Teil dieser Einrichtungen sind, ist von außen schwer zu beurteilen. Vermutlich werden jedoch auch hier, ähnlich wie in der X Company, Reallabore situativ eingesetzt (Heilmann et al., 2018).

Wesentliche Erkenntnis

- In den USA verfolgen Reallabore weiterhin die Ziele Beobachten und Datensammeln.
- In Europa hat sich das Konzept weiterentwickelt und fokussiert nun vermehrt Partizipation und Inklusion.
- In Europa befasst sich auch der Staat intensiv mit Reallaboren.
- Darüber hinaus wurden und werden Experimentierklauseln geschaffen, die es erlauben, bestehende Gesetze zum Testen neuer Technologien auszusetzen oder anzupassen.
- Staatliche Akteur*innen unterstützen so den Aufbau von Reallaboren.
- In Asien ist das Konzept weniger verbreitet, es zeigen sich jedoch auch hier erste Kooperationen zwischen der EU und China.

2.4 Reallabore als ein Format von offenen Innovationsprozessen

Die Entwicklung agiler Innovationsmethoden in der Produktentwicklung, zu denen auch Formate wie Reallabore zählen, geht auf das Open-Innovation-Paradigma zurück, das als Nachfolger des Closed-Innovation-Ansatzes verstanden werden kann. Open Innovation bedeutet, Forschung und Entwicklung nicht nur innerhalb der eigenen vier Wände zu betreiben. Grundgedanke ist dabei, dass Unternehmen das eigene »corporate limit« durchbrechen, also Akteur*innen außerhalb des Unternehmens in den Innovationsprozess einbeziehen (Chesbrough, 2003). Reallabore sind vor diesem Hintergrund eine gute Möglichkeit, um den Grad, zu dem Innovationsprozesse geöffnet werden, zu kontrollieren. So können beispielsweise Unternehmen, die befürchten, dass die eigenen Forschungsprojekte von der Konkurrenz kopiert werden, sobald sie das Entwicklungsumfeld öffnen, den Zugang zu einem Reallabor für ausgewählte Gruppen beschränken. Innovationsprozesse können so nur für Kund*innen, Lieferant*innen und ausgewählte Nutzer*innen geöffnet werden. Fragen des Intellectual Property können in Reallaboren durch die Implementierung entsprechender rechtlicher Strukturen ebenfalls kontrollierbar gemacht werden. Reallabore bieten außerdem die Möglichkeit, die wissenschaftliche Begleitung der Entwicklungsprozesse zu implementieren.

Neben Reallaboren gibt es eine Vielzahl weiterer Formate zur Open Innovation, die teilweise Überschneidungen aufweisen. Nach Ballon et al. (2005, 2013) gibt es sechs Formate zum Testen und Entwickeln neuer Technologien, die unter dem Begriff »Testing and Experimentation Platforms« zusammengefasst werden. Abhängig vom Reifegrad der Technologie und vom Fokus der jeweiligen Einrichtung unterscheidet sich der Einsatz dieser Formate in der Praxis.

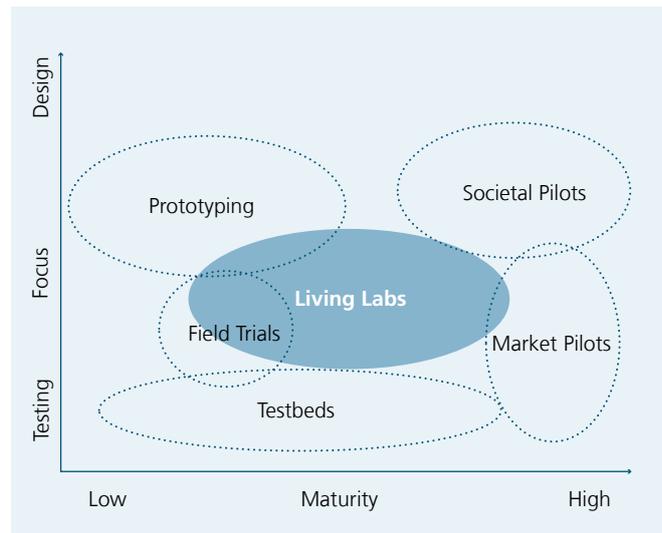


Abb. 3: Klassifizierung von Test- und Experimentiereinrichtungen. Sie lassen sich nach dem Fokus, den sie verfolgen, und dem Reifegrad der Technologien unterscheiden. Quelle: nach Ballon et al. (2005)

Prototyping-Plattformen seien demnach Einrichtungen mit dem Ziel, erste proof-of-concepts einer Technologie, eines Produktes oder eines Service zu entwickeln. Der jeweilige Untersuchungsgegenstand weist dabei noch einen geringen Reifegrad auf und kann schnell angepasst werden.

Mit Hilfe von Field Trials, zu Deutsch Feldversuche, werden spezifische technische (oder andere) Elemente einer Technologie, eines Produktes oder eines Services im jeweiligen tatsächlichen Einsatzumfeld getestet, jedoch mit starken Limitationen. Beispielsweise wird die Einsatzumgebung geographisch, zeitlich etc. stark eingeschränkt. Hier zeigen sich Überschneidungen mit dem Format Living Labs, zu Deutsch Reallabore. Reallabore schränken das Testumfeld jedoch meist weniger ein. Darüber hinaus begleiten sie den Entwicklungsprozess des im Fokus stehenden Untersuchungsgegenstandes längerfristig, während Field Trials einmalige Vorhaben zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Entwicklung einer Technologie, eines Produktes oder eines Services sind.

In Market Pilots, oder Pilotprojekten, werden Produkte oder Services, die so gut wie fertig entwickelt sind, ausgewählten Gruppen von Nutzer*innen zur Verfügung gestellt, um letzte User-Daten vor der offiziellen Markteinführung zu generieren.

Societal Pilots, zu Deutsch etwa soziale Pilotprojekte, verfolgen das Ziel, soziale Innovationen durch die Einführung neuer Produkte oder Services in ihren tatsächlichen Einsatzumfeldern hervorzubringen.

Einer genaueren Abgrenzung zu Reallaboren bedarf der Begriff »Testbed«, der sich am ehesten mit »Testumgebung« übersetzen lässt. Die Unterschiede zwischen Reallaboren und Testbeds sind auf den ersten Blick nur schwer zu erkennen; und auch in der Praxis scheinen die Begriffe oft synonym verwendet zu werden. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich jedoch, dass Testbeds standardisierte, laborartige Welten sind, in denen neue Technologien, Produkte oder Services bewusst von Umwelteinflüssen des tatsächlichen Einsatzfeldes abgeschirmt werden. Solche Einrichtungen weisen größere Ähnlichkeit mit dem klassischen Labor auf und fokussieren häufiger naturwissenschaftliche Themenfelder, wie ein Blick in die Praxis zeigt: Das [Testa Center](#) ist beispielsweise eine 2500m² große Laboreinrichtung mit Fokus auf Life Sciences in Uppsala, Schweden. Das [Palmiucca Harvard Life Lab](#) der Harvard University ist ähnlich aufgebaut und fokussiert ebenfalls Life Sciences. Weitere Beispiele inkludieren das [Life Science Innovation Center](#) der UC Davies und die [Life Science Factory](#) der Universität Göttingen.

Das zentrale Angebot von Testbeds ist dabei meist eine umfassende Laborinfrastruktur, die es Gründer*innen und Forscher*innen ermöglicht, die sonst erheblichen Entwicklungskosten in dieser Branche anfänglich zu reduzieren und Entwicklungszyklen damit zu beschleunigen. Die laborartigen Infrastrukturen werden dabei häufig um weitere Angebote wie Co-Working, Inkubatoren oder Kontakt zu Venture Capital erweitert. Testbeds sind keine Reallabore, weil, wie der Name schon vermuten lässt, ihr Fokus auf dem Testen neuer Produkte und Technologien liegt, die sensibel auf Umwelteinflüsse reagieren. Sie werden in diesen Einrichtungen bewusst von Umgebungsvariablen abgeschirmt, die ihre Entwicklung behindern könnten. Naturwissenschaftliche Technologien und Produkte unterliegen bis zu ihrer Markteinführung strikten Regeln, Vorgaben und Genehmigungsverfahren, die ein offenes, iteratives Testumfeld unmöglich machen. So kann ein Impfstoff beispielsweise nicht während seiner Entwicklung iterativ an Menschen getestet werden.

Reallabore eignen sich vor diesem Hintergrund für Technologien, Produkte oder Services, die davon profitieren, schon im Entwicklungsprozess iterativ unter realen Bedingungen getestet zu werden, wie beispielsweise ein autonomer Lieferroboter. Sie legen einen stärkeren Fokus auf das gleichzeitige Testen und Designen von Technologien, Produkten oder Services, indem sie Umgebungsvariablen explizit als Teil des Untersuchungsumfeldes verstehen. Dabei verfolgen sie einen ko-kreativen Ansatz, bei dem häufig Endnutzer*innen aktiv in den Entwicklungsprozess mit eingebunden werden. Ihr Aufbau ermöglicht es, den Grad, zu welchem Nutzer*innen in den Innovationsprozess involviert werden, kontrolliert zu erhöhen. Initiator*innen von Reallaboren können dabei den Komplexitätsgrad, den eine solche Öffnung des Innovationsprozesses mit sich bringt, bewusst steuern, indem sie den Zugang zu Reallaboren auf bestimmte Nutzer*innengruppen beschränken.

Wesentliche Erkenntnis

- Reallabore sind eines von zahlreichen Formaten zur Open Innovation.
- Reallabore fokussieren das Testen und das Design von neuen Technologien, Produkten oder Services gleichermaßen.
- Davon abzugrenzen sind bspw. Testbeds, die eher das klassische Testen einer Technologie über einen längeren Entwicklungszeitraum umfassen.
- Testbeds finden sich oft im naturwissenschaftlichen Kontext wieder.
- Prototyping wird eher für initiales Design und weniger zum tatsächlichen Testen verwendet.

3. Identifizierte Gruppen von Reallaboren

Die praktische Umsetzung von Reallaboren unterscheidet sich teilweise deutlich von ihrer theoretischen Einordnung. Daher befasst sich die vorliegende Studie mit der Frage, welche Gruppen von Reallaboren sich in der Literatur und Praxis identifizieren lassen und anhand welcher Merkmale sie sich klassifizieren lassen.

Zur Beantwortung wurde sich der Forschungsfrage aus theoretischer und praktischer Perspektive genähert. So wurden zunächst die bis hierhin dargestellten Hintergründe von Reallaboren durch eine umfassende Literaturrecherche zum Thema zusammengetragen. Um eventuelle Typen und gestalterische Merkmale von Reallaboren zu identifizieren, wurden halbstandardisierte Interviews mit Entscheider*innen von bestehenden und geplanten Reallaboren geführt. Nach der Auswertung der durchgeführten Interviews durch axiales Kodieren wurden so drei zentrale Dimensionen identifiziert, in denen sich Reallabore klassifizieren lassen.

Rahmenbedingungen: beschreiben strukturgebende Merkmale des Reallabors selbst und seine physischen, räumlichen sowie zeitlichen Gestaltungsmerkmale.

Ökosystem: beschreibt das Umfeld eines Reallabors über die eigenen Grenzen hinaus und die Interaktion mit der Umwelt.

Technologie: beschreibt den technologischen Innovationsfokus des Reallabors bzw. die im Fokus stehenden Technologien sowie deren Reifegrad.

Jedes Reallabor zeigt unterschiedliche Ausgestaltungen in diesen drei Dimensionen. So können Reallabore beispielsweise im öffentlichen Raum stattfinden (Rahmenbedingungen), 100 bis 500 Nutzer*innen involvieren (Ökosystem) und Technologien mit mittlerem Reifegrad fokussieren (Technologie).

Jede Dimension umfasst wiederum drei bis vier Gestaltungsmerkmale.

Die Dimensionen und Gestaltungsmerkmale lassen sich in dem in Abbildung 4 dargestellten Schaubild zusammenfassen. Das Modell soll ein analytisches Gerüst zur Differenzierung unterschiedlicher Typen von Reallaboren in der Praxis darstellen.

Mit Hilfe der Merkmalsausprägungen lassen sich in der Praxis verschiedene Gruppen von Reallaboren bilden, auf die nachfolgend eingegangen wird. Jede Klassifikation wird dabei mit einem Schaubild beschrieben, in welchem die strukturgebenden Merkmalsausprägungen eingefärbt sind. Daraufhin folgen eine Beschreibung und Beispiele von bestehenden Reallaboren, die sich dieser Gruppe zuordnen lassen.

Die Ausprägungen der Gestaltungsmerkmale wurden aus einem umfassenden Literaturkorpus und aus Aussagen der Interviews zusammengetragen. Die ausführliche Beschreibung der einzelnen Merkmale sowie ihr theoretischer Hintergrund und ihre Herleitung aus Theorie und Interviews findet sich in Kapitel 4.

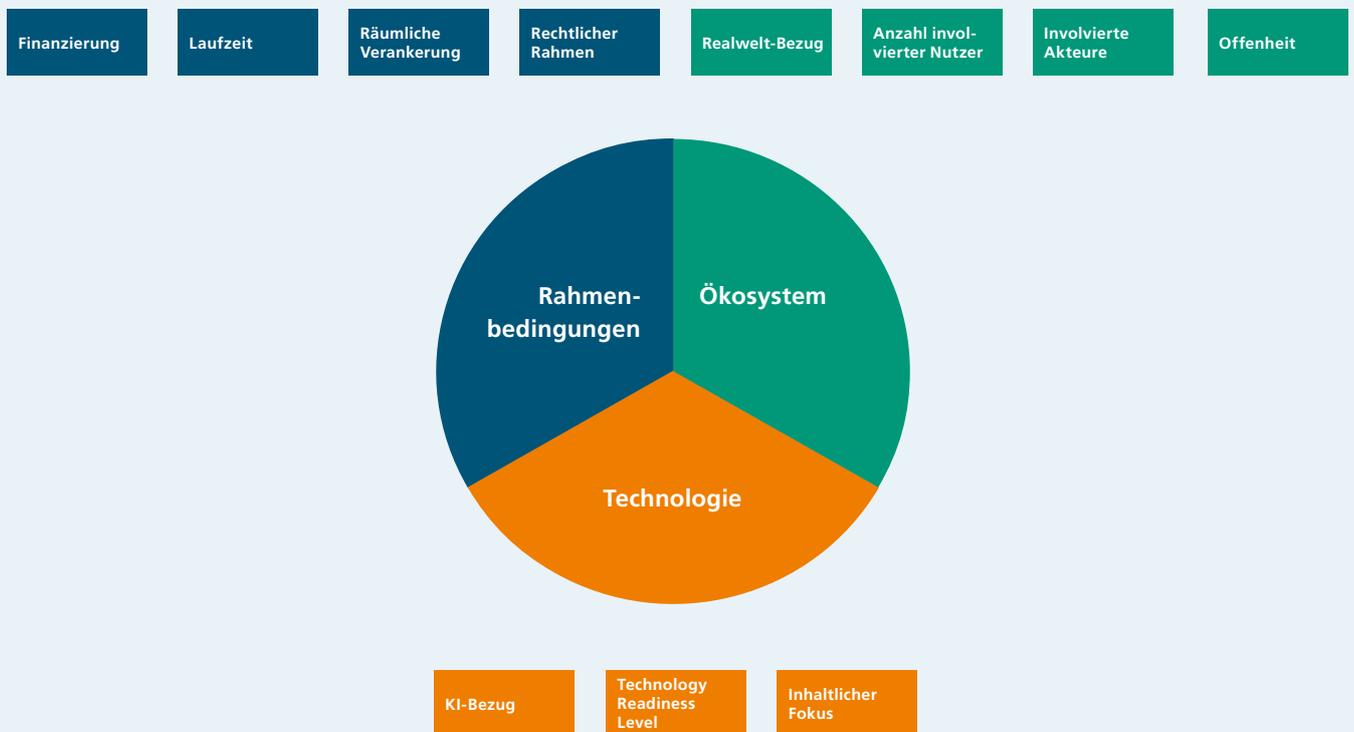


Abb. 4: Das entwickelte Modell zur Klassifizierung von Reallaborstrukturen in der Praxis. Es enthält drei Dimensionen und elf Gestaltungsmerkmale, anhand derer Reallabore sich unterscheiden und gruppieren lassen.

Gruppe 1: Demonstratorenwelten

Vorteile

- Gut geeignet für Netzwerkaufbau und Kommunikation
- Gute Kooperationsmöglichkeiten mit Universitäten
- Klares Produkt- und Aufgabenfeld des Reallabors, Anbindung von Beratungsprojekten etc. möglich

Nachteile

- Keine Entwicklung, nur Demonstration
- Langfristige Finanzierung aus privaten Mitteln schwierig, abhängig von Fördermitteln
- Hoher Wartungsaufwand der Demonstratoren

Die Gruppe Demonstratorenwelt zeichnet sich dadurch aus, dass eine meist am Markt bereits existierende Technologie ihrer Realwelt entnommen und an künstlicher Umgebung wieder aufgebaut wird. Vor Ort soll die Technologie erfahrbar und erlebbar gemacht werden. So können interessierte Unternehmen hier beispielsweise Technologien vor dem Einsatz im eigenen Unternehmen testen, mögliche Schnittstellen, anfallende Daten und weitere Besonderheiten verstehen, bevor sie sich für oder gegen den Einsatz im eigenen Umfeld entscheiden. Die Demonstratoren bilden damit kleine Realwelten einzelner Maschinen ab, das Reallabor ist jedoch kein natürliches Umfeld der Technologien.

Beispiele von Demonstratorenwelten

Smart Factory OWL

Die Smart Factory OWL ist ein Reallabor mit dem thematischen Fokus Industrie 4.0. In der dauerhaften Einrichtung in Lemgo, Nordrhein-Westfalen, finden sich auf mehreren Hundert Quadratmetern zahlreiche Maschinen, die zusammen eine Produktionslinie realgetreu nachstellen. Technisches Gerät kann hier von Industriepartnern und Student*innen der anliegenden Universität ausprobiert oder für Forschungsprojekte verwendet werden. Das Fraunhofer IOSB-INA betreibt die Smart Factory und dient als erste Anlaufstelle für Forschungsprojekte, Führungen oder ähnliches.

Future Work Lab

Auch das Future Work Lab in Stuttgart fokussiert das Themenfeld Industrie 4.0 und unterteilt die Thematik in drei Säulen: Ideenwelt, Lernwelt und Demonstratorenwelt. In der Demonstratorenwelt werden in sich geschlossene Systeme verschiedenster Technologien ausgestellt, um Use-Cases und die praktische Umsetzung für Unternehmen zu demonstrieren. Unternehmen können sich dadurch vor der Einführung einer Technologie im eigenen Haus ein Bild über die genaue Implementierung, anfallende Daten und ihr Format, Hürden und benötigte Infrastruktur machen, um den Nutzen der Einführung bereits im Vorfeld abschätzen zu können.

Gestaltungsmerkmale von Demonstratorenwelten

Rahmenbedingungen	Finanzierung	Öffentliche Gelder	Private Gelder	Crowd Sourced	
	Laufzeit	Kurzfristiges Vorhaben < 6 Monate	Mittelfristiges Vorhaben Bis 1 Jahr	Langes Vorhaben 1–2 Jahre	Langfristig bis dauerhaft
	Räumliche Verankerung	Digitaler Raum	Öffentlicher Raum	Privater Raum	
	Rechtlicher Rahmen	Im bestehenden Rechtsrahmen umsetzbar	Nutzung von Experimentierklauseln		
Technologie	Inhaltlicher Fokus	Technologische Wissensvermittlung	Technologie-Entwicklung	Netzwerk und Kommunikation	
	Technology Readiness Level	3 und 4	5 bis 7	8 und 9	
	KI-Bezug	Direkt (KI als entwickelte Technologie)	Indirekt (KI als genutzte Technologie)	Kein Bezug	
Ökosystem	Realwelt-Bezug	Labor-Setting	Große Beschränkungen	Einige Beschränkungen	Keine Beschränkungen
	Anzahl involvierter Nutzer	Keine Nutzer involviert	Small Scale < 100	Medium Scale 100–500	Large Scale > 500
	Involvierte Akteure	Wirtschaft	Gesellschaft	Wissenschaft	Politik
	Offenheit	Exklusiv	Semi exklusiv	Semi inklusiv	Inklusiv

Abb. 5: Ausprägungen der Gruppe Demonstratorenwelten in den identifizierten Gestaltungsmerkmalen. In Demonstratorenwelten werden marktreife Technologien zu Demonstrationszwecken ausgestellt.

Gruppe 2: Modulare Living Labs

Vorteile

- Gut geeignet für Netzwerkaufbau und Kommunikation
- Politische Wirksamkeit und Strahlung
- Aufbau eines Ökosystems durch Anbindung weiterer Angebote wie Co-Working-Spaces
- Flexibilität für Kund*innen durch anpassbare Infrastruktur

Nachteile

- Langfristige Finanzierung sehr schwierig
- Schaffung dauerhafter Anreize für Unternehmen und Partner*innen herausfordernd
- Thematische Schwerpunkte könnten wechseln, Infrastruktur muss daher sehr flexibel gestaltet werden

Modulare Living Labs sind häufig große Gebäude mit sehr flexibler Infrastruktur, die es ermöglichen, vor Ort verschiedene Reallabore nach Bedarf zu bauen. Sie verfolgen meist einen oder mehrere thematische Schwerpunkte, wie beispielsweise das Fraunhofer inHaus. In ihnen können Demonstratorenwelten, aber auch realitätsnähere, temporäre Reallabore geschaffen werden. Während sie selbst dauerhaft errichtet werden, werden Projekte vor Ort meist zeitlich begrenzt. Häufig finden sich weitere Innovations-Angebote wie Co-Working-Spaces, Büroflächen oder Meetingräume in diesen Einrichtungen.

Beispiele von modularen Living Labs

Fraunhofer inHaus

Das Fraunhofer inHaus ist ein Gebäude für Reallaborstrukturen in den Bereichen Health & Care, Wohnen, Energie- und Gebäudetechnik und Nachhaltigkeit in Duisburg. Darunter befindet sich auch ein 2013 eröffnetes, 350m² großes Krankenhaus mit OP-Saal, Röntgenkammer, Aufenthaltsräumen, Empfang und weiteren Elementen. Die Größe und Ausstattung des Fraunhofer inHaus ermöglicht es außerdem, neue Umgebungen direkt im Haus nach den Bedürfnissen der Beteiligten zu bauen. Industriepartner*innen können so Reallabore nach den eigenen Bedürfnissen definieren und in den Räumlichkeiten des Fraunhofer inHaus umsetzen. Ein Überblick über die jeweiligen Technologien in den einzelnen Geschäftsfeldern findet sich in der [Standardpräsentation](#).

Innovative Retail Lab

Das [Innovative Retail Lab](#) in St. Wendel ist eines von acht Living Labs des deutschen Forschungszentrums für künstliche Intelligenz (DFKI) (eine Übersicht über alle Reallabore findet sich auf der [Homepage](#) des DFKI). Es fokussiert Anwendungen im Handel und bietet eine physische Infrastruktur, in der verschiedene Lösungen wie intelligente Kühlschränke, ein digitales Haushaltsbuch oder VR Shopping getestet werden können.

Well Living Lab

Das [Well Living Lab](#) ist ein Gebäude in Minnesota, das auf über 5.500m² modularer Fläche Räume zur Erforschung der Einflüsse von Innenarchitektur auf das Wohlbefinden von Menschen bietet. Das Grundprinzip sind dabei verschiedene Möbelmodule, die auf Flächen zu bestimmten Umgebungen kombiniert werden können. Damit werden beispielsweise Büroflächen oder Wohnungen vor Ort nachgebaut. Jedes Modul ist dabei mit verschiedenen Sensoren (Mikrofone, Lichtschranken etc.) ausgestattet. Darüber hinaus verfügt das Well Living Lab über eine flexible physische Infrastruktur. Böden, Decken, Wände, Fenster und Türen lassen sich leicht verschieben, anpassen, mit Sensorik ausstatten oder verkabeln.

Gestaltungsmerkmale von modularen Living Labs

Rahmenbedingungen	Finanzierung	Öffentliche Gelder	Private Gelder	Crowd Sourced	
	Laufzeit	Kurzfristiges Vorhaben < 6 Monate	Mittelfristiges Vorhaben Bis 1 Jahr	Langes Vorhaben 1–2 Jahre	Langfristig bis dauerhaft
	Räumliche Verankerung	Digitaler Raum	Öffentlicher Raum	Privater Raum	
	Rechtlicher Rahmen	Im bestehenden Rechtsrahmen umsetzbar	Nutzung von Experimentierklauseln		
Technologie	Inhaltlicher Fokus	Technologische Wissensvermittlung	Technologie-Entwicklung	Netzwerk und Kommunikation	
	Technology Readiness Level	3 und 4	5 bis 7	8 und 9	
	KI-Bezug	Direkt (KI als entwickelte Technologie)	Indirekt (KI als genutzte Technologie)	Kein Bezug	
Ökosystem	Realwelt-Bezug	Labor-Setting	Große Beschränkungen	Einige Beschränkungen	Keine Beschränkungen
	Anzahl involvierter Nutzer	Keine Nutzer involviert	Small Scale < 100	Medium Scale 100–500	Large Scale > 500
	Involvierte Akteure	Wirtschaft	Gesellschaft	Wissenschaft	Politik
	Offenheit	Exklusiv	Semi exklusiv	Semi inklusiv	Inklusiv

Abb. 6: Ausprägungen der Gruppe Modulare Living Labs in den identifizierten Gestaltungsmerkmalen. Modulare Living Labs sind meist Gebäude mit flexibler Infrastruktur, die es ermöglicht, in ihnen themenspezifische Reallabore zu errichten.

Gruppe 3: KI-Reallabore

Vorteile

- Niedrige Fixkosten, da kaum physische Infrastruktur
- Einfach skalierbar
- Gute Anbindung von Hackathons, Challenges etc. möglich

Nachteile

- Mittlerer Wartungsaufwand
- Selbstständige Finanzierung schwierig, eher als Schlüssel zum Ökosystem zu verstehen
- Verfügbarkeit von Datenquellen

KI-Reallabore fokussieren das Sammeln, Aufbereiten und Zurverfügungstellen von Daten aus der realen Welt, beispielsweise von einem Campus, aus einer Fabrik, aus einem Unternehmen oder von sonstigen Einrichtungen. Die gesammelten Daten werden meist über Cloud-Infrastrukturen Forscher*innen, Student*innen und Entwickler*innen zur Verfügung gestellt. Weiterhin werden in KI-Reallaboren neue Anwendungen von künstlicher Intelligenz entwickelt (und demonstriert, sie überschneiden sich demnach stellenweise mit Demonstratorenwelten). Darüber hinaus binden sie häufig weitere bekannte Formate, wie Hackathons, mit ein. Hier steht explizit die Entwicklung von neuen Algorithmen und KI-Services im Vordergrund, nicht die Entwicklung einer Technologie, die KI im Hintergrund nutzt (z. B. autonom fahrende Autos).

Beispiele von KI-Reallaboren

Microsoft AI Labs

In den [Microsoft AI Labs](#) entwickelt Microsoft selbst neue Anwendungen, Berührungspunkte und Demonstrationswege künstlicher Intelligenz, wie beispielsweise die Bereitstellung und Visualisierung synthetischer Daten oder eine künstliche Nase, die Gerüche erkennt. Darüber hinaus bieten die Labs [verschiedene Angebote](#) für Unternehmen. Hierbei profitieren die Industriepartner*innen sowohl von der Infrastruktur der Living Labs in Redmond, Shanghai und München als auch von Microsofts Expertise und Projektbegleitung. Unternehmen können sich über ein [Online-Formular](#) auf ein Projekt in einem der Living Labs bewerben und erhalten bei erfolgreicher Aufnahme sowohl technische Unterstützung von Microsoft durch Personal als auch personalisierte Workshops, Seminare sowie Prototyping-Infrastrukturen.

KI-Reallabor Lemgo

An die bereits beschriebene Smart Factory OWL ist ebenfalls ein [KI-Reallabor](#) angeschlossen. Hier werden zahlreiche Daten an den vor Ort aufgebauten Maschinen gesammelt, die KI-Forscher*innen in sauberer, gelabelter Form für Forschungsprojekte zur Verfügung stehen. Der zentrale Benefit besteht dabei in der Qualität der Daten: hier fallen Daten an, die auch in der tatsächlichen Produktion so von den Maschinen generiert werden. Die Mitarbeiter*innen vor Ort arbeiten diese jedoch so auf, dass sie in ungewohnt hoher Qualität zur Verfügung stehen. Das KI-Reallabor erleichtert damit den Forschungsprozess und nimmt Nutzer*innen aufwändige Arbeit durch automatisierte Prozesse ab.

Gestaltungsmerkmale von KI-Reallaboren

Rahmenbedingungen	Finanzierung	Öffentliche Gelder	Private Gelder	Crowd Sourced	
	Laufzeit	Kurzfristiges Vorhaben < 6 Monate	Mittelfristiges Vorhaben Bis 1 Jahr	Langes Vorhaben 1–2 Jahre	Langfristig bis dauerhaft
	Räumliche Verankerung	Digitaler Raum	Öffentlicher Raum	Privater Raum	
	Rechtlicher Rahmen	Im bestehenden Rechtsrahmen umsetzbar	Nutzung von Experimentierklauseln		
Technologie	Inhaltlicher Fokus	Technologische Wissensvermittlung	Technologie-Entwicklung	Netzwerk und Kommunikation	
	Technology Readiness Level	3 und 4	5 bis 7	8 und 9	
	KI-Bezug	Direkt (KI als entwickelte Technologie)	Indirekt (KI als genutzte Technologie)	Kein Bezug	
Ökosystem	Realwelt-Bezug	Labor-Setting	Große Beschränkungen	Einige Beschränkungen	Keine Beschränkungen
	Anzahl involvierter Nutzer	Keine Nutzer involviert	Small Scale < 100	Medium Scale 100–500	Large Scale > 500
	Involvierte Akteure	Wirtschaft	Gesellschaft	Wissenschaft	Politik
	Offenheit	Exklusiv	Semi exklusiv	Semi inklusiv	Inklusiv

Abb. 7: Ausprägungen der Gruppe KI-Reallabore in den identifizierten Gestaltungsmerkmalen. In KI-Reallaboren werden neue Algorithmen oder KI-Services entwickelt.

Gruppe 4: Urban Living Labs

Vorteile

- Politische Strahlkraft
- Erkenntnisse über gesellschaftliche Akzeptanz
- Partizipativer Charakter erhöht Wahrscheinlichkeit der gesellschaftlichen Akzeptanz

Nachteile

- Aufwändiger Initiierungsprozess, da meist öffentliche Behörden im Lead
- Langfristige Finanzierung aus privaten Mitteln schwierig, abhängig von Fördermitteln
- u. U. geringes gesellschaftliches Interesse, Wirksamkeit daher fraglich

Urban Living Labs sind ein Oberbegriff für Reallabore, die sich mit Themen rund um Stadtgestaltung, Nachhaltigkeit, Mobilität und Quartiersentwicklung beschäftigen. Sie können selbst Teil von Innovationsarealen sein und außerdem Smart-City-Reallabore inkludieren. Das übergeordnete Ziel ist hierbei, urbane Umgebungen lebenswerter, nachhaltiger und resilienter zu gestalten. Im Fokus steht dabei der partizipative, ko-kreative Charakter. Sie fokussieren weniger die Entwicklung einer bestimmten Technologie als den gesellschaftlichen Austausch und die Erprobung neuer Gestaltungsräume in städtischen Umgebungen. Die Studie »[Reallabore in der Elasticity](#)«, ebenfalls am Fraunhofer IAO verfasst, gibt einen guten Einblick in dieses besondere Verständnis von Reallaboren. Der Gestaltungsprozess funktioniert in Urban Living Labs aufgrund des stark inklusiven Charakters anders und ist von mehr Austausch und Kommunikation geprägt. Borkmann et al. (2022) geben einen guten Überblick über die verschiedenen Ausgestaltungen von Reallaboren im urbanen Raum und leiten darüber hinaus Handlungsempfehlungen für Kommunen ab.

Beispiele von Urban Living Labs

proGireg

Das landesübergreifende Projekt [proGireg](#) (kurz für productive Green Infrastructure for post-industrial urban regeneration) beschäftigt sich mit der Frage, wie Städte Brachflächen aus Zeiten der Industrialisierung zu Grünflächen umfunktionieren können. Acht Städte aus der EU und aus China werden dabei als Reallabore für urbane Transformationsprozesse genutzt. Auf ausgewählten Flächen in den jeweiligen Städten wird so beispielsweise neuer Erdboden verteilt, es werden Bäume gepflanzt und grüne Korridore geschaffen.

KARLA

Das [Karlsruher Reallabor Nachhaltiger Klimaschutz \(KARLA\)](#) vereint Akteur*Innen aus Hochschulen, Kommunen, Verbänden, Bürgerschaften, Unternehmen und Forschung in Karlsruhe, um vor Ort Ansätze der nachhaltigen Stadt- und Gesellschaftsgestaltung zu erproben. Mit wissenschaftlicher Begleitung des Karlsruher Institut für Technologie werden hier an verschiedenen Punkten Impulse, Experimente und Initiativen gesetzt, die sich mit der nachhaltigen und klimafreundlichen Gestaltung städtischer Areale beschäftigen. Alle Beteiligten sind dabei gleichberechtigt und können Ideen einbringen.

Gestaltungsmerkmale von Urban Living Labs

Rahmenbedingungen	Finanzierung	Öffentliche Gelder	Private Gelder	Crowd Sourced	
	Laufzeit	Kurzfristiges Vorhaben < 6 Monate	Mittelfristiges Vorhaben Bis 1 Jahr	Langes Vorhaben 1–2 Jahre	Langfristig bis dauerhaft
	Räumliche Verankerung	Digitaler Raum	Öffentlicher Raum	Privater Raum	
	Rechtlicher Rahmen	Im bestehenden Rechtsrahmen umsetzbar	Nutzung von Experimentierklauseln		
Technologie	Inhaltlicher Fokus	Technologische Wissensvermittlung	Technologie-Entwicklung	Netzwerk und Kommunikation	
	Technology Readiness Level	3 und 4	5 bis 7	8 und 9	
	KI-Bezug	Direkt (KI als entwickelte Technologie)	Indirekt (KI als genutzte Technologie)	Kein Bezug	
Ökosystem	Realwelt-Bezug	Labor-Setting	Große Beschränkungen	Einige Beschränkungen	Keine Beschränkungen
	Anzahl involvierter Nutzer	Keine Nutzer involviert	Small Scale < 100	Medium Scale 100–500	Large Scale > 500
	Involvierte Akteure	Wirtschaft	Gesellschaft	Wissenschaft	Politik
	Offenheit	Exklusiv	Semi exklusiv	Semi inklusiv	Inklusiv

Abb. 8: Ausprägungen der Gruppe Urban Living Labs in den identifizierten Gestaltungsmerkmalen. Diese Reallabore legen den Fokus auf ganzheitliche Stadtgestaltung mit gesellschaftlich partizipativem Charakter.

Gruppe 5: Smart City Living Labs

Vorteile

- Einzigartige Daten über das Verhalten einer Technologie im realen Einsatzumfeld
- Politische Strahlkraft
- Neue Erkenntnisse über gesellschaftliche Akzeptanz und Regulatorik einer Technologie

Nachteile

- Erheblicher Initiierungsaufwand
- Bei dauerhaften Vorhaben: erheblicher Wartungsaufwand
- Finanzierung meist abhängig von öffentlichen Geldern
- u. U. Abhängigkeit von Behörden, Genehmigungen etc.

Smart City Reallabore sind eine bestimmte Form von Urban Living Labs, die sich speziell auf die Entwicklung und Implementierung einer bestimmten Technologie im städtischen Umfeld konzentrieren. Sie können außerdem Teil von Urban Living Labs sein. Sie nutzen in Deutschland häufig Experimentierklauseln zum Erproben neuer Technologien mit digitalen Elementen. Smart City Reallabore zeichnen sich außerdem durch eine große Vielfalt der zeitlichen Ausgestaltung aus. So können sie kurzfristige Initiativen von bis zu sechs Monaten, jedoch auch dauerhafte Anlagen zum Testen und Entwickeln neuer Produkte, Technologien und Services sein. Städte können in diesem Kontext für pilothaftige Projekte die Nutzung von Flächen umwidmen.

Beispiele von Smart City Living Labs

DOLL Living Lab

Kopenhagen belegte im Jahr 2022 den ersten Platz des weltweit erhobenen Digital City Index, gefolgt von Amsterdam und Beijing (Economist Impact & NEC, 2022). Entsprechend viele Smart City Initiativen finden sich in der Stadt, unter anderem auch Reallabore wie das [DOLL Living Lab](#), Europas führendes Reallabor für intelligente Lichtsysteme. Unternehmen können hier in verschiedenen Straßen, Parks, Wohnanlagen und Teilen des öffentlichen Raums Lichtsysteme, Kameras, intelligente Abwassersysteme, Verkehrsflusssteuerung etc. testen, entwickeln oder demonstrieren. Eine Übersicht über aktuelle Projekte und Kooperationspartner*innen findet sich auf der [Homepage](#) des Reallabors. Das DOLL Living Lab ist ein Beispiel für ein dauerhaft errichtetes Smart City Reallabor.

Gothenburg Green City

Das [Gothenburg Green City Projekt](#) hat sich zum Ziel gesetzt, den Transportsektor der Stadt bis zum Jahr 2030 emissionsfrei zu betreiben. Dafür werden verschiedene Projekte ins Leben gerufen, wie beispielsweise ein E-Taxi-Reallabor, bei dem Taxis kabellos geladen werden. Die Technologie kommt dabei von einem amerikanischen Unternehmen, die Taxis stammen von einem lokalen Anbieter und die Ladestationen von einem Energieversorger vor Ort.

Delivery Robot Hamburg

Bei diesem [Projekt](#) der Unternehmen Starship Technologies und Hermes wurde der Einsatz autonomer Zustellroboter in Hamburg getestet. In enger Zusammenarbeit mit den örtlichen Behörden wurde hierbei eine [Ausnahmegenehmigung](#) für die Roboter erarbeitet, die auf der Nutzung einer Experimentierklausel in der Straßenverkehrsordnung basiert. Hamburg führt den deutschlandweit erhobenen Smart City Index an, gefolgt von München und Dresden (bitkom, 2022). Dieses Vorhaben ist ein Beispiel für ein temporäres Smart City Reallabor.

Testfeld autonomes Fahren

Das 2018 in Betrieb genommene [Testfeld autonomes Fahren](#) ermöglicht es Unternehmen und Forschungseinrichtungen, autonom fahrende Autos, Busse oder Nutzfahrzeuge im Alltagsverkehr zwischen Karlsruhe, Bruchsal und Heilbronn zu testen. Dabei werden nicht bestimmte Straßenabschnitte gesperrt, sodass nur autonom fahrende Fahrzeuge sie nutzen können, sondern öffentliche Straßen jeder Art (Autobahnen, Landes- und Bundesstraßen, innerstädtische Routen etc.) sind Umgebungsfeld des Reallabors.

Gestaltungsmerkmale von Smart City Living Labs

Rahmenbedingungen	Finanzierung	Öffentliche Gelder	Private Gelder	Crowd Sourced	
	Laufzeit	Kurzfristiges Vorhaben < 6 Monate	Mittelfristiges Vorhaben Bis 1 Jahr	Langes Vorhaben 1–2 Jahre	Langfristig bis dauerhaft
	Räumliche Verankerung	Digitaler Raum	Öffentlicher Raum	Privater Raum	
	Rechtlicher Rahmen	Im bestehenden Rechtsrahmen umsetzbar	Nutzung von Experimentierklauseln		
Technologie	Inhaltlicher Fokus	Technologische Wissensvermittlung	Technologie-Entwicklung	Netzwerk und Kommunikation	
	Technology Readiness Level	3 und 4	5 bis 7	8 und 9	
	KI-Bezug	Direkt (KI als entwickelte Technologie)	Indirekt (KI als genutzte Technologie)	Kein Bezug	
Ökosystem	Realwelt-Bezug	Labor-Setting	Große Beschränkungen	Einige Beschränkungen	Keine Beschränkungen
	Anzahl involvierter Nutzer	Keine Nutzer involviert	Small Scale < 100	Medium Scale 100–500	Large Scale > 500
	Involvierte Akteure	Wirtschaft	Gesellschaft	Wissenschaft	Politik
	Offenheit	Exklusiv	Semi exklusiv	Semi inklusiv	Inklusiv

Abb. 9: Ausprägungen der Gruppe Smart City Living Labs in den identifizierten Gestaltungsmerkmalen. Smart City Living Labs befassen sich mit der Erprobung einer bestimmten Technologie im städtischen Kontext und nutzen in Deutschland häufig Experimentierklauseln.

Gruppe 6: Innovationsareale

Vorteile

- Gut geeignet für Netzwerkaufbau und Kommunikation
- Gute Kooperationsmöglichkeiten mit Universitäten, Unternehmen, Partnern etc.
- Vielfältige Möglichkeiten der Finanzierung aus privaten Mitteln

Nachteile

- Erhebliche Initiierungskosten
- Erhebliche Wartungskosten
- Erheblicher Personalaufwand
- Fest installierte Reallabore u. U. nicht genutzt, da Alternativangebot zu groß

Innovationsareale sind großflächige Infrastrukturen, in denen mehrere, verschiedene Reallabore parallel existieren können. Sie können selbst Reallabor sein und bieten die Infrastruktur für weitere Reallabore. Sind auf einer höheren Ebene unterwegs als Modulare Living Labs und schaffen Infrastrukturen für weitere, aufwändige Reallabore mit technologischem Fokus. Sie stellen die flächenmäßig größte Form von Reallaboren dar und reichen von der Größe eines Campus bis zu Städten und ganzen Ländern, wie die folgenden Beispiele verdeutlichen. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass neben Reallaboren weitere Infrastruktur besteht, wie Apartments, Restaurants, einzelne Bürogebäude etc. In der Praxis bezeichnen sich Innovationsareale auch als Innovationscampus, Science Park oder Technologiepark. Reallabore sind oft Teil von diesen Strukturen, jedoch sind Innovationsareale selten an sich als Reallabor zu klassifizieren.

Beispiele von Innovationsarealen

Smart Campus Initiative

Die Smart Campus Initiative ist ein Vorhaben verschiedener Forschungseinrichtungen, Bildungszentren und Organisationen auf dem Bildungscampus in Heilbronn. Auf dem Campus finden sich ein Inkubator, eine Programmierschule, mehrere Universitäten sowie Forschungseinrichtungen (auch das Fraunhofer IAO). Die Smart Campus Initiative verwandelt das gesamte Gelände in ein Reallabor zum Testen verschiedener digitaler Produkte und Services. So kann beispielsweise die Echtzeitbelegung des Parkhauses vor Ort durch intelligente Systeme jederzeit online eingesehen werden.

Woven City

Toyotas Woven City soll eine Stadt werden, die während des Baus den Fokus auf die Errichtung von Infrastrukturen für Reallabore setzt. Vor Ort sollen Menschen leben, arbeiten und an verschiedenen neuen Technologien experimentieren. Die Stadt selbst schafft dafür Rahmenbedingungen, indem sie die passende technische und behördliche Infrastruktur von Anfang an auf die schnelle Implementierung von Reallaboren ausrichtet. Im Fokus stehen dabei Testfelder zur Erprobung neuer vernetzter Mobilitätsformen, Smart Buildings, autonome Fahrzeuge und Robotics.

Andorra Living Lab

Das Fürstentum Andorra in den Pyrenäen zwischen Frankreich und Spanien hat das gesamte Land zu einem Living Lab mit vier sektoralen Schwerpunkten erklärt. Die Regierung der 77.000 Einwohner von Andorra fokussiert dabei die Anwendungsfelder Berge und Tourismus, Sport, Gesundheit und Wellness, Nachhaltigkeit und Bildung. In den jeweiligen Bereichen bietet Andorra Forschungsinstituten, Start-Ups und Unternehmen die Möglichkeit, Technologien schon ab einem frühen Entwicklungsstadium irgendwo im Land unter realen Bedingungen zu testen.

Otaniemi-Keilaniemi

Espoo gilt auch weiterhin als einer der führenden Innovations Hot-Spots Europas. So findet sich im Stadtteil Otaniemi-Keilaniemi Nordeuropas größter Innovation-Hub, der Innovation Garden. Über 5000 Wissenschaftler*innen, 25 Forschungseinrichtungen und zahlreiche Unternehmen haben sich auf diesem Gebiet angesiedelt und bilden zusammen ein Ökosystem, das im Schnitt jede Woche ein neues Start-Up hervorbringt (Espoo Innovation Garden, 2023). Teil dieses Ökosystems ist auch der Cleantech Garden, das weltweit führende Bio-Tech Testbed. Der Innovation Garden versteht sein gesamtes Areal als Testfläche für neue Produkte und Services und gilt damit insgesamt als Reallabor, dessen jeweilige Infrastrukturen situativ genutzt werden (European Commission. Joint Research Centre et al., 2017)

Gestaltungsmerkmale von Innovationsarealen

Rahmenbedingungen	Finanzierung	Öffentliche Gelder	Private Gelder	Crowd Sourced	
	Laufzeit	Kurzfristiges Vorhaben < 6 Monate	Mittelfristiges Vorhaben Bis 1 Jahr	Langes Vorhaben 1–2 Jahre	Langfristig bis dauerhaft
	Räumliche Verankerung	Digitaler Raum	Öffentlicher Raum	Privater Raum	
	Rechtlicher Rahmen	Im bestehenden Rechtsrahmen umsetzbar	Nutzung von Experimentierklauseln		
Technologie	Inhaltlicher Fokus	Technologische Wissensvermittlung	Technologie-Entwicklung	Netzwerk und Kommunikation	
	Technology Readiness Level	3 und 4	5 bis 7	8 und 9	
	KI-Bezug	Direkt (KI als entwickelte Technologie)	Indirekt (KI als genutzte Technologie)	Kein Bezug	
Ökosystem	Realwelt-Bezug	Labor-Setting	Große Beschränkungen	Einige Beschränkungen	Keine Beschränkungen
	Anzahl involvierter Nutzer	Keine Nutzer involviert	Small Scale < 100	Medium Scale 100–500	Large Scale > 500
	Involvierte Akteure	Wirtschaft	Gesellschaft	Wissenschaft	Politik
	Offenheit	Exklusiv	Semi exklusiv	Semi inklusiv	Inklusiv

Abb. 10: Ausprägungen der Gruppe Innovationsareale in den identifizierten Gestaltungsmerkmalen. Innovationsareale sind beispielsweise Technologieparks, Science Parks oder ähnliche Gebiete, die verschiedene Reallabore inkludieren können.

Gruppe 7: Integrierte Reallabore

Vorteile

- Bei erfolgreicher Umsetzung erhebliches Innovationspotenzial
- Guter Zugang zu externen Partnern, Start-Ups etc.

Nachteile

- Wirksamkeit fraglich, wenn sonst keine Open Innovation Ansätze im Unternehmen bestehen
- Meist unprofitabel, Ergebnisse nur schwer vorherzusehen
- Erheblicher Initiierungsaufwand

Integrierte Reallabore zeichnen sich dadurch aus, dass bestehende, komplexe, in sich geschlossene Infrastrukturen um ein Reallabor erweitert werden. Reallabore werden hier nicht von Grund auf neu erbaut, sondern in bestehende Abläufe, Strukturen oder Organisationen integriert, die bisher überwiegend oder vollständig von äußeren Einflüssen abgeschottet waren. Dabei handelt es sich häufig um technische Strukturen oder Ketten, die in ihrem Normalbetrieb eine bestimmte Aufgabe erfüllen. Die Umsetzung dieser Form von Reallaboren ist in der Praxis oft herausfordernd, da bestehende Fabriken beispielsweise allein vom Platz her nicht dafür ausgelegt sind, weitere, neue Technologien in sich zu integrieren. Weitere Fragen von Schnittstellen, Standards und Verarbeitungsprinzipien erschweren das Umsetzen dieser Form, es gibt jedoch auch funktionierende Beispiele. Diese Form von Reallaboren wird meist von einem alleinigen Akteur, wie einem Unternehmen, kontrolliert, da die ursprüngliche Infrastruktur bereits ein in sich geschlossenes System darstellt.

Beispiele für integrierte Reallabore

INSPIRE Living Lab

Im Unterschied zum Fraunhofer inHaus, bei dem ein Krankenhaus modellhaft nachgebaut wurde, eröffnete das Klinikum der Universität Mannheim vor kurzem eine sich im Betrieb befindende Station als Reallabor. Auf der [UMM Living Lab Station](#) werden Patienten und Patientinnen der Urologie und der Orthopädie behandelt, während Unternehmen und Start-Ups die Möglichkeit erhalten, neue Technologien im alltäglichen Betrieb zu testen. Als erstes Projekt konnte so beispielsweise das Start-Up Cliniserve seine App, mit der Behandelte mit Pflegekräften kommunizieren können, einfach und unkompliziert unter realen Bedingungen testen.

Demofabrik Aachen

Einst ebenfalls als Demonstratorenwelt für die anwendungsorientierte Forschung gedacht, entwickelte sich die [Demofabrik](#) in Aachen schnell in eine tatsächlich produzierende Fabrik für lokale Unternehmen. Mittlerweile fungiert sie als Zulieferer für verschiedene Branchen und Projekte in ganz Deutschland, während weiterhin neue Technologien im laufenden Betrieb getestet werden. So wurde vor Ort beispielsweise das erste industriell genutzte 5G-Netzwerk in Deutschland aufgebaut sowie Europas erstes Wifi-6-Netzwerk. Die Fabrik profitiert vom produzierenden Gewerbe vor Ort sowie von der RWTH Aachen als einer von zehn Eliteuniversitäten Deutschlands und Bildungseinrichtung mit den bundesweit meisten Ausgründungen – nicht zuletzt wegen Einrichtungen wie der Demofabrik.

Gestaltungsmerkmale von integrierten Reallaboren

Rahmenbedingungen	Finanzierung	Öffentliche Gelder	Private Gelder	Crowd Sourced	
	Laufzeit	Kurzfristiges Vorhaben < 6 Monate	Mittelfristiges Vorhaben Bis 1 Jahr	Langes Vorhaben 1–2 Jahre	Langfristig bis dauerhaft
	Räumliche Verankerung	Digitaler Raum	Öffentlicher Raum	Privater Raum	
	Rechtlicher Rahmen	Im bestehenden Rechtsrahmen umsetzbar	Nutzung von Experimentierklauseln		
Technologie	Inhaltlicher Fokus	Technologische Wissensvermittlung	Technologie-Entwicklung	Netzwerk und Kommunikation	
	Technology Readiness Level	3 und 4	5 bis 7	8 und 9	
	KI-Bezug	Direkt (KI als entwickelte Technologie)	Indirekt (KI als genutzte Technologie)	Kein Bezug	
Ökosystem	Realwelt-Bezug	Labor-Setting	Große Beschränkungen	Einige Beschränkungen	Keine Beschränkungen
	Anzahl involvierter Nutzer	Keine Nutzer involviert	Small Scale < 100	Medium Scale 100–500	Large Scale > 500
	Involvierte Akteure	Wirtschaft	Gesellschaft	Wissenschaft	Politik
	Offenheit	Exklusiv	Semi exklusiv	Semi inklusiv	Inklusiv

Abb. 11: Ausprägungen der Gruppe integrierte Reallabore in den identifizierten Gestaltungsmerkmalen. Hier werden Reallabore in bestehende technische Strukturen, wie eine Fabrik, meist von einem alleinigen Akteur integriert.

4. Erläuterung der strukturgebenden Merkmale

Die Ausprägungen der einzelnen Gestaltungsmerkmale in jeder Dimension basieren auf der Literaturrecherche sowie auf der Analyse der Aussagen der durchgeführten Interviews mit Expert*innen. Dabei wurden sowohl Projektteams bestehender Reallabore aus Deutschland als auch geplanter Reallabore interviewt. Nachfolgend wird jedes Gestaltungsmerkmal mit seinen jeweiligen Ausprägungen erläutert. Die methodische Ableitung der Gestaltungsmerkmale und ihrer Ausprägungen selbst erfolgt über Interviewpassagen und Literaturverweise.

4.1 Gestaltungsmerkmale und ihre Ausprägungen in der Dimension Ökosystem



Abb. 12: Dimension Ökosystem und ihre Gestaltungsmerkmale. Die Dimension umfasst vier Gestaltungsmerkmale, jedes Gestaltungsmerkmal umfasst vier Ausprägungen.

Realwelt-Bezug

In der Literatur wird das möglichst realgetreue Einsatzumfeld von Technologien als Untersuchungsumgebung als eines der zentralsten, wenn nicht als das definierende Merkmal von Reallaboren benannt. Viele Autor*innen (z. B. Hossain et al., 2019; Leminen, 2015; Veeckman et al., 2013; Westerlund et al., 2018) weisen darauf hin, dass sich Reallabore überhaupt erst wegen weniger Beschränkungen ihres Umfeldes von klassischen, naturwissenschaftlichen Reallaboren unterscheiden: Umgebungsvariablen werden nicht ausgeblendet, es wird kein plastischer Untersuchungsraum geschaffen, sondern die Technologie wird, so wie sie ist, in der realen Welt entwickelt und getestet. In der Praxis lassen sich verschiedene Abstufungen danach aufzeigen, wie stark die tatsächliche Einsatzumgebung einer Technologie in einem Reallabor verändert oder eingeschränkt wird. So gibt es im Fraunhofer inHaus einen Nachbau eines Krankenhauses, jedoch findet hier kein alltäglicher Krankenhausbetrieb statt. Im Gegensatz dazu betreibt die Universität Mannheim ein Reallabor auf einer realen, sich im Betrieb befindenden Krankenhausstation, ohne dass bestehende Abläufe oder Strukturen verändert werden. Umweltbeschränkungen finden sich bspw. auch bei Smart-City-Projekten, bei denen spezielle Fahrzeuge nur auf bestimmten Wegen, mit bestimmten Geschwindigkeiten, bei

bestimmten Wetterverhältnissen und ohne Anwesenheit von Passanten fahren dürfen. Solche, oft auch in den Naturwissenschaften vorzufindenden, dann jedoch sehr artifiziellen Testumgebungen können auch innerhalb des Reallabor-Ansatzes als Labor-Setting verstanden werden. Wie von Veeckman et al. (2013) untersucht, ergeben sich daher folgende Settings:

- Labor-Setting
- Realwelt-Bezug mit großen räumlichen oder zeitlichen Beschränkungen (geographische Limitationen, benötigtes Wissen, etc.)
- Realwelt-Bezug mit einigen räumlichen oder zeitlichen Beschränkungen
- Realwelt-Bezug ohne Beschränkungen

Anzahl involvierter Nutzer*innen

Je nach Technologie, Produkt oder Service, der im Fokus eines Reallabors steht, können Nutzer*innen mit einbezogen werden. In der Literatur wird in diesem Zuge oft von Co-Creation als einem definierenden Merkmal von Reallaboren gesprochen. Gemeint ist (in European Living Labs) damit, dass Nutzer*innen nicht als Beobachtungsgegenstand verstanden werden, sondern als aktiver Teil des Innovationsprozesses. Reallabore seien somit immer dadurch gekennzeichnet, dass Nutzer*innen an den im Fokus stehenden Technologien aktiv partizipieren (siehe dazu bspw. Dell’Era & Landoni, 2014; Schuurman, 2015; Schuurman et al., 2012). In der Praxis zeigt sich jedoch, wie auch von Veeckman et al. (2013) eingeräumt, dass es auch Reallabore gibt, in denen keine Nutzer*innen involviert sind. Auch wenn argumentiert werden kann, dass jede Technologie Nutzer*innen hat und diese Personen somit in Reallaboren zu integrieren sind, zeigt sich in der tatsächlichen Ausgestaltung von Reallaboren, dass dies vor allem vom Reifegrad der Technologie und dem verfolgten Ziel abhängig ist. Das Future Work Lab stellt wie beschrieben beispielsweise existierende Technologien in ihren Einsatzumfeldern zu Demonstrationszwecken aus, nicht um diese weiterzuentwickeln. Sind jedoch Nutzer*innen involviert, zeigt sich eine erhebliche Bandbreite in deren Anzahl. Large-Scale-Projekte wie das Andorra Living Lab umfassen beispielsweise unter Umständen Tausende, während Smart-City-Projekte ganze Stadtteile mit mehreren Hundert Personen umfassen können. Veeckman et al. (2013) schlagen nach einer empirischen Untersuchung daher die folgende Skala vor:

- Keine Nutzer*innen involviert
- Small scale (< 100 Nutzer*innen)
- Medium scale (100–500 Nutzer*innen)
- Large Scale (> 500 Nutzer*innen)

Involvierte Akteur*innen

Innerhalb von Reallaboren agiert eine Vielzahl von Akteur*innen, die bestimmte Aspekte einer Technologie untersuchen. So sind beispielsweise Universitäten für die Definition einzelner Anwendungsfelder und Unternehmen für die tatsächliche Umsetzung verantwortlich. Gleichzeitig existieren Solo-Reallabore, die von einem einzigen Akteur betrieben werden (häufig Reallabore von Unternehmen). Entlang des Quadruple-Helix-Ansatzes, der das soziotechnische Entwicklungsumfeld von Innovationen beschreibt, ergeben sich vier zentrale Akteure (Schütz et al., 2019):

- Gesellschaft
- Wissenschaft
- Wirtschaft
- Politik

Auch in der Praxis scheint die Quadruple Helix als Basis für Reallabore zu dienen:

»Also nicht nur Forscher, nicht nur Industrie, sondern (...) entlang einer sogenannten Quadruple Helix dann auch [die] gesellschaftlichen Bausteine, die verschiedenen Akteure auch mit reinbringen.« (Interviewpartner*in 1)

Weiterhin lässt sich die Rolle eines jeden Akteurs innerhalb des Reallabors unterscheiden. So kann beispielsweise ein wirtschaftliches Reallabor staatliche Unterstützung erhalten, um eine Technologie gesellschaftlich zu untersuchen: ein Lieferroboter mit Ausnahmegenehmigung, der in Hamburg auf Bürgersteigen fährt und Pakete ausliefert. Staat und Gesellschaft übernehmen hierbei eine passive Rolle, während die Wirtschaft als Initiator und die Wissenschaft überhaupt nicht involviert ist. Es ergibt sich folgende Matrix:

Akteur	Rolle			
Gesellschaft	Nicht involviert	Passive Rolle	Aktive Rolle	Initiator
Wirtschaft	Nicht involviert	Passive Rolle	Aktive Rolle	Initiator
Staat	Nicht involviert	Passive Rolle	Aktive Rolle	Initiator
Wissenschaft	Nicht involviert	Passive Rolle	Aktive Rolle	Initiator

Offenheit

Wie ein Reallabor mit seiner Umwelt interagiert, hängt außerdem vom Zugang zum Reallabor ab:

»Offenheit beginnt im Grunde genommen physisch schon mit der Tür. Ob man die Tür immer verschlossen hat oder eben nicht« (Interviewpartner*in 1)

Reallabore zeichnen sich dabei durch den Open-Innovation-Ansatz aus, dessen Grundgedanke es ist, den Innovationsprozess nicht nur innerhalb der eigenen vier Wände zu betreiben. Wie offen er jedoch gestaltet wird, ist in der Praxis unterschiedlich. Unternehmen können Reallabore beispielsweise für externe Parteien, Lieferant*innen, Kund*innen etc. abschirmen oder Konsortien bilden, bei denen nur bestimmte Mitglieder das Reallabor betreten dürfen. Das Future Work Lab auf der anderen Seite ist ein frei zugänglicher Raum, der nur durch Öffnungszeiten beschränkt ist, während ein Smart-City-Reallabor unter Umständen überhaupt keine Grenzen hat und jederzeit frei zugänglich ist. Aufbauend auf Leminen (2015), Veeckman et al. (2013) und Westerlund et al. (2018) finden sich daher sowohl in der Theorie als auch in der Praxis folgende Abstufungen bezüglich der Offenheit eines Reallabors:

- Exklusiv (z. B. alleinige Kontrolle eines Akteurs)
- Semi-exklusiv (Zugang für Mitglieder eines Konsortiums)
- Semi-inklusiv (Zugang generell offen, nur durch Zeit und Raum beschränkt)
- Inklusiv (jederzeit öffentlich zugänglich)

Wesentliche Erkenntnis

- Die Dimension Ökosystem beschreibt die Interaktion des Reallabors mit seinem Umfeld.
- Wie viele Nutzer*innen sind involviert? Wie sehr wird die reale Welt durch das Reallabor eingeschränkt? Welche Akteur*innen sind involviert? Wie offen ist der Zugang zum Reallabor?

4.2 Gestaltungsmerkmale und ihre Ausprägungen in der Dimension Rahmenbedingungen



Abb. 13: Dimension Rahmenbedingungen und ihre Gestaltungsmerkmale. Die Dimension umfasst vier Gestaltungsmerkmale, jedes Gestaltungsmerkmal umfasst zwei bis vier Ausprägungen.

Finanzierung

Die Finanzierung von Reallaborstrukturen ist oft unübersichtlich und vielfältig. Abhängig von den involvierten Gruppen finden sich dabei sowohl privatfinanzierte Reallabore als auch öffentliche Förderungen, Crowdsourcing-Ansätze und Mischformen. Generell ist zu unterscheiden, dass zwar jedes Reallabor eine initiale, nicht jedoch eine dauerhafte Finanzierung benötigt, abhängig vom Projektdesign. So können temporäre Reallabore auch mit einmaligen Geldern über den gesamten Projektzeitraum betrieben werden, während dauerhafte Projekte, wie beispielsweise das Fraunhofer inHaus, auch den laufenden Betrieb mit einem Geschäftsmodell finanzieren müssen. Partner*innen (= Unternehmen) zahlen im Fraunhofer inHaus dabei für unterschiedliche Zugänge zum Reallabor:

»Eine Art Abo Modell, bei dem man in den unterschiedlichen Ausprägungen unterschiedlich viele Möglichkeiten am Living Lab besitzt. Zum Beispiel, dass (...) für die kostenintensiveren Modelle (...) Evaluierungspakete enthalten sind und bei den sehr günstigen nicht, oder Zugang zu Wissenschaft, Zugang zu weiteren Services. Unsere Modelle staffeln sich auch in Abhängigkeit vom Umsatz der Firma.« (Interviewpartner*in 3)

Solche Reallabore finanzieren sich daher nicht aus einer Instanz:

»Also das heißt [ein] Living Lab wird sich wahrscheinlich nicht nur aus einer Quelle finanzieren lassen. Es sollte überlegt werden, welche weiteren Quellen zur Finanzierung beitragen können. Der Aufwand für eine dauerhafte Installation und Wartung der Demonstratoren wird häufig unterschätzt.« (Interviewpartner*in 3)

Dabei wird deutlich, dass die laufende Finanzierung von Reallaborstrukturen, ähnlich wie beim Geschäftsmodell eines Unternehmens, von Anfang an konzeptionell gesichert sein sollte, um finanzielle Engpässe zu vermeiden:

»Die langfristigen Kosten übersteigen häufig ein Vielfaches der initialen Kosten. Gerne werden neue Labore mit Projektgeldern ins Leben gerufen, ohne eine langfristige Finanzierung mit einzukalkulieren. Systeme benötigen Software- und Hardware-Updates, durch den Einbau weiterer Systeme kommt es nicht selten zu nicht zu erwartenden Effekten. Arbeitsintensive

Fehlersuche und Behebung sind die Folge. Daher empfehle ich, sich die Kosten über den gesamten Lebenszyklus des Living Lab zu betrachten und diese mit tragfähigen Geschäftsmodellen zu hinterlegen.« (Interviewpartner*in 3)

Es ist also zwischen einmaligen und dauerhaften Finanzierungen zu unterscheiden, die wiederum aus folgenden Quellen stammen können:

- Öffentliche Gelder
- Private Gelder
- Crowd-Sourced

Laufzeit

Reallabore können temporäre Phänomene oder dauerhafte Vorhaben sein. Abhängig von ihrer Infrastruktur, ihren Zielen und den beteiligten Akteur*innen werden sie mit ungeplantem Zeithorizont errichtet oder nur für spezifische Projekte ins Leben gerufen. Die Smart Factory OWL ist ein Beispiel für ein dauerhaftes Reallabor, proGReg lässt sich mit einer Laufzeit von zwei Jahren als langes Projekt einstufen, während Smart-City-Initiativen oft nur zum kurzfristigen Testen von Technologien genutzt werden. Veeckman et al. (2013) schlagen daher die folgende Skala vor:

- Kurzfristiges Vorhaben (< 6 Monate)
- Mittelfristiges Vorhaben I (bis 1 Jahr)
- Lfristiges Vorhaben (1-2 Jahre)
- Langfristig bis dauerhaft

Räumliche Verankerung

Reallabore können in physischen oder digitalen Räumen existieren. In physischer Form unterteilt sich ihr Auftreten in öffentliche Räume, wie beispielsweise Parkanlagen, Straßen, Stadtteile oder Länder und private Räume, wie beispielsweise das Inclusive Tech Lab von Microsoft, in dem Gaming-Equipment für Personen mit Behinderung entwickelt wird. Sie können außerdem mehrere räumliche Ausprägungen annehmen. So wird die Smart Factory OWL beispielsweise neben einer physischen Präsenz von einem KI-Reallabor begleitet, das auf Daten der Maschinen im haptischen Raum basiert.

»Also ein Reallabor ist ja nicht unbedingt nur ein Labor wie unseres, ein Gebäude, sondern Reallabore können ja auch ganze Städte sein oder der freie Raum oder die Luft und alles Mögliche. Je nachdem, woran man experimentiert. Es gibt ja auch zum Beispiel im Bereich Drohnenforschung Reallabore. Und das bedeutet ja dann letztendlich, dass man zum Beispiel den freien Flugraum in bestimmten Bereichen dann nutzt als Reallabor.« (Interviewpartner*in 1)

Basierend auf Westerlund & Leminen (2011), konzeptionellen Ansätze auf EU-Ebene (AI Act, 2021) und praktischen Erfahrungen zeigen sich daher folgende Ausprägungen der räumlichen Dimension von Reallaboren:

- Digitaler Raum
- Öffentlicher Raum
- Privater Raum

Rechtlicher Rahmen

Die meisten Reallabore bewegen sich in ihren Ausgestaltungen im bestehenden rechtlichen Rahmen. Liegt der Fokus jedoch auf neuartigen Technologien, für die es bisher keine oder nur unzureichende gesetzliche Rahmenbedingungen gibt, können Reallabore mit Hilfe der bereits näher beschriebenen Experimentierklauseln ins Leben gerufen werden. Dabei handelt es sich um Gesetzesteile, die es ermöglichen, Ausnahmen von bestehenden Gesetzen zu erteilen. Zuständige Behörden können von diesen Klauseln Gebrauch machen, wenn das »Experimentieren« mit einer neuen Technologie im Raum steht (BMW, 2019; Brandt et al., 2021; European Commission, 2022). In Hamburg wurde beispielsweise eine Ausnahme genehmigung von der Straßenverkehrsordnung für einen autonomen Lieferroboter erlassen. Stellenweise greifen jedoch auch bestehende Reallabore, die bisher im gesetzlichen Rahmen agierten, projektbasiert auf Experimentierklauseln zurück. Das Gestaltungsmerkmal rechtlicher Rahmen lässt sich also wie folgt differenzieren:

- Im bestehenden Recht
- Experimentierklauseln

Wesentliche Erkenntnis

- Die Dimension Rahmenbedingungen beschreibt den infrastrukturellen Aufbau des Reallabors.
- Wie wird das Reallabor finanziert? Besteht es temporär oder dauerhaft? Existiert es im privaten oder öffentlichen Raum? Sollen Experimentierklauseln genutzt werden?

4.3 Gestaltungsmerkmale und ihre Ausprägungen in der Dimension Technologie



Abb. 14: Dimension Technologie und ihre Gestaltungsmerkmale. Die Dimension umfasst drei Gestaltungsmerkmale, jedes Gestaltungsmerkmal umfasst drei Ausprägungen.

Inhaltlicher Fokus

In der Literatur werden Reallabore meist als Methodik zum Testen und Entwickeln von neuen Technologien in ihren tatsächlichen Einsatzumfeldern beschrieben (Ballon et al., 2005; Dell’Era & Landoni, 2014; ENoLL, 2022; Følstad, 2008; Greve et al., 2021; Leminen, 2015; Schöpke et al., 2017). In der Praxis zeigen sich darüber hinaus zwei weitere Ziele, mit denen Reallabore erbaut werden: Technologische Wissensvermittlung sowie Netzwerk und Kommunikation. Ein Beispiel für das Ziel der technologischen Wissensvermittlung ist das Future Work Lab. Vor Ort werden hauptsächlich bereits fertig entwickelte Technologien ausgestellt, um Unternehmen, die über die Einführung der Technologie im eigenen Umfeld nachdenken, zu zeigen, wie sie in der Praxis funktioniert. So können Entscheider*innen vor Ort verstehen, was es bei der Einführung zu beachten gibt, wie eventuelle Schnittstellen aufgebaut sind, welche Daten anfallen etc. Das Ziel des Future Work Lab ist es daher nicht (ausschließlich), neue Technologien mit den Unternehmen zu entwickeln, sondern Wissen über bestehende Technologien zu vermitteln:

»Die Demonstratorenwelt steht dafür, dass wir sagen, wir können Technologien greifbar machen und verschiedene Lösungen nicht nur auf Folien, sondern (...) haptisch zeigen, zum Anfassen.« (Interviewpartner*in 2)

»(...) wichtig war überhaupt, dass wir etwas haben, was KI nutzt, um dann den Firmen, die immer wieder fragen, "ja, wo ist denn die KI? Wo ist die KI ganz konkret?" An einem Beispiel erklären zu können, guck mal also die Anwendung (...) das ist die KI. Dass du einen konkreten Punkt schaffst« (Interviewpartner*in 2)

»wir nutzen das Future Work Lab (...) als Inspirationsquelle, um in so ein Thema einzusteigen. Zum Beispiel (...) KI, dass man sagt: Guck mal. Wir haben jetzt die und die Lösungen als Beispiel, die funktionieren so und so, und dann steigen wir [in ein] Workshop-Format ein und sagen ok. Wo könnte man das bei euch einsetzen?« (Interviewpartner*in 2)

Neben dem Fokus auf Wissenstransfer ergibt sich in einigen Reallaboren dank der Infrastruktur vor Ort ein weiteres Ziel: Netzwerken und Kommunikation. Das Fraunhofer inHaus in Duisburg beispielsweise ist für Unternehmen vor allem deshalb so attraktiv, weil es ihnen durch Büroflächen, Co-Working-Spaces und Innovationsräume Zugang zu Universitäten, Start-Ups und anderen Unternehmen gibt:

»Ich will in das Netzwerk rein. Also Living Lab, hier bedeutet es auch viel Netzwerkarbeit. Die wollen halt von unserem Netzwerk partizipieren und die wollen das Netzwerk, was wir hier aufgebaut haben, kennenlernen.« (Interviewpartner*in 3)

»Häufig muss ich feststellen, dass das dahinter liegende Netzwerk eines Living Labs von großer, beziehungsweise größerer Bedeutung für unsere Kunden ist als das Lab selbst. Zumindest in unserem Fall ist es häufig so, dass die Kunden auf das Netzwerk, die Multiplikatorenmöglichkeit, sowie die Marke "Fraunhofer-inHaus-Zentrum [zugreifen wollen].« (Interviewpartner*in 3)

»Ich habe ein Reallabor, (...) ich kann Startups treffen. Junge Unternehmen können große Unternehmen treffen. Ich kann die Wissenschaft treffen. Das ist natürlich attraktiv.« (Interviewpartner*in 3)

Es ergeben sich damit drei Ziele, die Reallabore verfolgen können, wobei jedoch zu unterstreichen ist, dass diese nicht trennscharf sind. So entstehen im Fraunhofer inHaus beispielsweise gerade durch den Austausch und das Netzwerk vor Ort auch neue Forschungsprojekte, in denen neue Technologien entwickelt werden. Die Ziele bedingen sich damit gegenseitig, können jedoch unterschiedlich stark fokussiert werden:

- Technologische Wissensvermittlung
- Technologie-Entwicklung
- Netzwerk und Kommunikation

Technology Readiness Level (TRL)

Der Technologie-Reifegrad (auf Englisch Technology Readiness Level oder kurz TRL) gibt auf einer Skala von eins bis neun an, in welchem Entwicklungsstadium sich eine Technologie befindet. Die ursprüngliche Skala wurde von der NASA entwickelt und umfasste initial die folgenden Level (Mankins, 1995):

TRL 1: Beobachtung und Beschreibung des Funktionsprinzips

TRL 2: Beschreibung der Anwendung einer Technologie

TRL 3: Nachweis der Funktionstüchtigkeit einer Technologie

TRL 4: Versuchsaufbau im Labor

TRL 5: Versuchsaufbau in Einsatzumgebung

TRL 6: Prototyp in Einsatzumgebung

TRL 7: Prototyp im Einsatz

TRL 8: Qualifiziertes System mit Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich

TRL 9: Qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes

Heute findet die Skala auch abseits der Raumfahrt große Anwendung, wenn es um die Beurteilung des Entwicklungsstadiums von Technologien geht. Da Reallabore erst zum Einsatz kommen, sobald eine Technologie die Theorie verlassen hat, finden sie bei TRL 1 und 2 keine Anwendung. Reallabore mit Fokus auf Technologien mit TRL 3 und 4 können KI-Reallabore sein, bei denen es um das initiale Demonstrieren neuer Algorithmen geht, wie das KI-Reallabor der Smart Factory OWL. TRL 5 bis 7 folgen in Reallaboren iterativ, indem die

Technologien in ihren späteren Einsatzfeldern getestet werden. TRL 8 und 9 stellen das Ende der Technologieentwicklung dar. Die Technologie ist marktreif und kommt in einem Reallabor nur noch zu Demonstrationszwecken oder ähnlichem zum Einsatz. Es ergeben sich damit drei Gruppen für den Technologiereifegrad:

- 3 und 4
- 5 bis 7
- 8 und 9

KI-Bezug

In Reallaboren kommt eine Vielzahl von unterschiedlichen Technologien zum Einsatz. Schon seit der Verbreitung des Konzeptes mit dem Aufkommen des Internets und seinen Ursprüngen am MIT standen dabei digitale Technologien im Vordergrund. Wenig überraschend ist daher, dass auch künstliche Intelligenz als einer der bedeutendsten technologischen Fortschritte des 21. Jahrhunderts Einzug in Reallaboren gehalten hat. Zu unterscheiden ist dabei, ob ein Reallabor auf die direkte Entwicklung neuer Algorithmen, KI-Services oder KI-Produkte spezialisiert ist oder ob künstliche Intelligenz zweitrangig von Maschinen und Geräten, die sich im Reallabor befinden, genutzt wird. So werden beispielsweise erhobene Daten im KI-Reallabor in der Smart Factory OWL von Forscher*innen und Entwickler*innen dazu verwendet, neue KI-Produkte zu bauen (direkter Bezug), während ein autonomer Lieferroboter KI nutzt (indirekter Bezug). Darüber hinaus gibt es Reallabore, die keinen Bezug zu KI haben, wie beispielsweise Urban Living Labs, die sich hauptsächlich mit der Gestaltung von Flächen im städtischen Raum beschäftigen. Dieses Gestaltungsmerkmal lässt sich also folgendermaßen differenzieren:

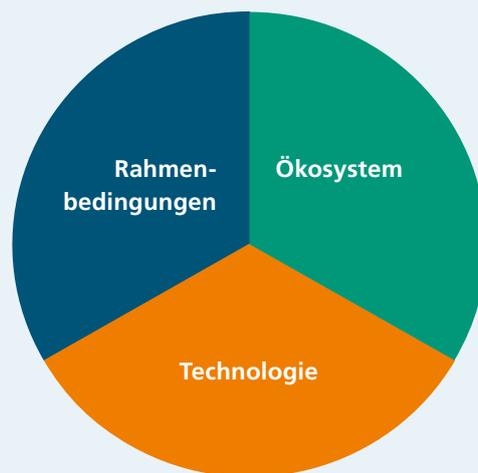
- Direkt
- Indirekt
- Kein Bezug

Wesentliche Erkenntnis

- Die Dimension Technologie beschreibt den inhaltlichen Fokus innerhalb des Reallabors.
- Welchen Fokus verfolgt das Reallabor? Wie reif sind die Technologien? Beschäftigt sich das Reallabor mit KI?

Alle Dimensionen und Merkmale gemeinsam dargestellt ergeben damit das folgende Schaubild auf Seite 44:

	Kurzfristiges Vorhaben < 6 Monate			Keine Beschränkungen	Large Scale > 500	Politik	Inklusiv
Öffentliche Gelder	Mittelfristiges Vorhaben Bis 1 Jahr	Digitaler Raum		Einige Beschränkungen	Medium Scale 100–500	Wissenschaft	Semi inklusiv
Private Gelder	Langes Vorhaben 1–2 Jahre	Öffentlicher Raum	Im bestehenden Rechtsrahmen umsetzbar	Große Beschränkungen	Small Scale < 100	Gesellschaft	Semi exklusiv
Crowd Sourced	langfristig bis dauerhaft	Privater Raum	Nutzung von Experimentierklauseln	Labor-Setting	Keine Nutzer involviert	Wirtschaft	Exklusiv
Finanzierung	Laufzeit	Räumliche Verankerung	Rechtlicher Rahmen	Realwelt-Bezug	Anzahl involvierter Nutzer	Involvierte Akteure	Offenheit



KI-Bezug	Technology Readiness Level	Inhaltlicher Fokus
Direkt (KI als entwickelte Technologie)	3 und 4	Technologische Wissensvermittlung
Indirekt (KI als genutzte Technologie)	5 bis 7	Technologie-Entwicklung
Kein Bezug	8 und 9	Netzwerk und Kommunikation

Abb. 15: Darstellung aller Dimensionen, Gestaltungsmerkmale und ihren jeweiligen Ausprägungen zur Gruppierung und Einordnung von Reallaborstrukturen.

5. Limitationen und Ausblick

Das in dieser Arbeit entwickelte Modell soll Initiator*innen und Interessierten einen ersten Zugang zum Feld Reallabore geben und aufzeigen, in welchen unterschiedlichen Ausgestaltungen Reallabore in der Praxis vorzufinden sind. Anknüpfende Arbeiten könnten ebenfalls die vorgestellten Gruppen von Reallaboren hinsichtlich Trennschärfe, weiteren Charakteristika oder Überschneidungen untersuchen. Ebenfalls ist zu fragen, ob es weitere Typen von Reallaboren gibt, die sich mittels des vorgestellten Modells nicht klassifizieren lassen. Weiterhin ist zu fragen, ob sich auch Technologien innerhalb von Reallaboren gruppieren lassen. Fokussieren sie eher B2C- oder B2B-Produkte? Welche Rolle spielt dies womöglich für die Integration von Nutzer*innen in Reallaboren? Die Governance von Reallaboren ist darüber hinaus ein weiteres Feld, dem sich zukünftige Arbeiten widmen könnten: welcher Prozesse bedarf es innerhalb eines Reallabors? Wie sehen Projektmanagement-Methoden aus, die Innovation im Reallabor fördern können? Lassen sich Auswahlkriterien für zu entwickelnde Technologien oder zu involvierende Beteiligte zeigen? Wie wird der Erfolg eines Reallabors gemessen? Abschließend ist anhand der in dieser Arbeit vorgelegten verschiedenen Gruppen von Reallaboren zu hinterfragen, inwiefern aktuelle Definitionen des Begriffs »Reallabor« das Spektrum von strukturellen Gestaltungen in der Praxis abbilden.

Reallabore werfen mindestens so viele Fragen auf, wie sie in der Praxis schon zu beantworten scheinen. Klar ist, dass sie dabei helfen können, Technologien schneller und besser zu entwickeln. Für Unternehmen stellen sie einen vielversprechenden Baustein im Gerüst einer offenen Innovationskultur dar. Bei gezieltem Einsatz können sie einen entscheidenden Unterschied in der Anpassungsfähigkeit von Unternehmen an immer schnellere Innovationszyklen machen. Entscheider*innen sollten sie dabei jedoch nicht als alleinstehende Lösung interpretieren, sondern im Gesamtkontext einer Open Innovation Company betrachten.

Wesentliche Erkenntnis

- Das Modell dient als Einstieg in das Thema Reallabore.
- Es muss weiter validiert werden und kann nur bedingt als Hilfestellung beim Design von Reallaboren verstanden werden.
- Reallabore können gerade Unternehmen helfen, ihre Innovationskultur zu öffnen.

6. Quellenverzeichnis

- Ballon, P., Pierson, J., & Delaere, S. (2005). Test and Experimentation Platforms for Broadband Innovation: Examining European Practice. SSRN Electronic Journal. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1331557>
- Ballon, P., & Schuurman, D. (2015). Living labs: Concepts, tools and cases. *Info*, 17(4). <https://doi.org/10.1108/info-04-2015-0024>
- Ballon, P., Schuurman, D., Mahr, D., & De Marez, L. (2013). A fourfold typology of living labs: An empirical investigation amongst the ENoLL community. 2013 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE) & IEEE International Technology Management Conference, 1–11. <https://doi.org/10.1109/ITMC.2013.7352697>
- bitkom. (2022). Digitalranking für Deutschlands Großstädte. Smart City Index. <https://www.bitkom.org/smart-city-index>
- BMWi. (2019). Freiräume für Innovationen – Das Handbuch für Reallabore (S. 88). Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/handbuch-fuer-reallabore.pdf?__blob=publicationFile
- Borkmann, V., Dienes, K., & Vrhovac, B. (2022). Reallabore in der Elasticity. Fraunhofer IAO.
- Brandt, A., Rücker, Dr. D., & Dienst, S. (2021). Umsetzung der BMWi-Strategie „Reallabore als Testräume für Innovation und Regulierung“: Hürden und Gestaltungsspielräume im deutschen und europäischen Datenschutzrecht für die Erprobung digitaler Innovationen (S. 81). Noerr Partnergesellschaft mbB. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjah7eh46P7AhUWjaQKHS-zcD8sQFnoECAsQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.bmwk.de%2FRedaktion%2FDE%2FPublikationen%2FDigitale-Welt%2Fgutachten-reallabore-als-testraeume-fuer-innovation-und-regulierung.pdf%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D2&usg=AOvVaw2_oO_J30AEKiHnbSZEF0N0
- Chesbrough, H. W. (2003). Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology. Harvard Business School Press.
- Dell’Era, C., & Landoni, P. (2014). Living Lab: A Methodology between User-Centred Design and Participatory Design: Living Lab. *Creativity and Innovation Management*, 23(2), 137–154. <https://doi.org/10.1111/caim.12061>
- Economist Impact, & NEC. (2022). Digital Cities Index (DCI) 2022. Economist Impact. https://impact.economist.com/projects/digital-cities/wp-content/uploads/2022/06/DCI2022_white_paper_eng.pdf
- ENoLL. (2022, November 24). European Network of Living Labs [Homepage]. About Us. <https://enoll.org/about-us/>
- Espoo Innovation Garden. (2023). Grow your full potential in Espoo! <http://espoodevelopments.fi/en/espoo-innovation-garden/locate/facts/>
- European Commission. (2007). Improving knowledge transfer between research institutions and industry across Europe: Embracing open innovation: implementing the Lisbon agenda : communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Publications Office.
- European Commission. (2022). MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN. European Commission. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52022DC0332>
- AI Act, Nr. 52021PC0206, European Commission (2021). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021PC0206>

- European Commission. Joint Research Centre., Espoo Innovation Garden., & Aalto University. (2017). Place-based innovation ecosystems: Espoo Innovation Garden and Aalto University (Finland). Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/949545>
- European Network of Living Labs. (2022). About Us [Homepage]. <https://enoll.org/about-us/>
- Følstad, A. (2008). TOWARDS A LIVING LAB FOR THE DEVELOPMENT OF ONLINE COMMUNITY SERVICES. *The Electric Journal for Cirtual Organizations and Networks*, 10, 12.
- Greve, K., Vita, R. D., Leminen, S., & Westerlund, M. (2021). Living Labs: From Niche to Mainstream Innovation Management. *Sustainability*, 13(2), 791. <https://doi.org/10.3390/su13020791>
- Guggenheim, M. (2012). Laboratizing and de-laboratizing the world: Changing sociological concepts for places of knowledge production. *History of the Human Sciences*, 25(1), 99–118. <https://doi.org/10.1177/0952695111422978>
- Harvard innovation labs. (2022). Harvard innovation labs [Homepage]. <https://innovationlabs.harvard.edu>
- Heilmann, S., Wessling, C., & Ives, J. (2018, März 27). China's way to an innovation superpower [Homepage]. MERICS. <https://merics.org/de/analyse/chinas-way-innovation-superpower>
- Herranz, N., & Ruiz-Castillo, J. (2013). The end of the "European Paradox". *Scientometrics*, 95(1), 453–464. <https://doi.org/10.1007/s11192-012-0865-8>
- Hossain, M., Leminen, S., & Westerlund, M. (2019). A systematic review of living lab literature. *Journal of Cleaner Production*, 213, 976–988. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.257>
- Leminen, S. (2015). Q&A. What Are Living Labs? *Technology Innovation Management Review*, 5(9), 7.
- Leminen, S., & Westerlund, M. (2019). Living labs: From scattered initiatives to a global movement. *Creativity and Innovation Management*, 28(2), 250–264. <https://doi.org/10.1111/caim.12310>
- Mankins, J. (1995). Technology Readiness Levels—A White Paper. Office of Space Access and Technology NASA. http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf
- Niitamo, V.-P., Eriksson, M., Kulkki, S., & Hribernik, K. A. (2006). Living labs as a multi-contextual R&D methodology. 2006 IEEE International Technology Management Conference (ICE), 1–8. <https://doi.org/10.1109/ICE.2006.7477082>
- Ozkan, N. N. (2015). An Example of Open Innovation: P&G. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 1496–1502. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.450>
- Park, J., & Fujii, S. (2022). Living Lab Participants' Knowledge Change about Inclusive Smart Cities: An Urban Living Lab in Seongdaegol, Seoul, South Korea. *Smart Cities*, 5(4), 1376–1388. <https://doi.org/10.3390/smartcities5040070>
- PBeFG. (2022). Personenbeförderungsgesetz § 2 (7). https://www.gesetze-im-internet.de/pbefg/___2.html
- Schäpke, N., Stelzer, F., Bergmann, M., Singer-Brodowski, M., Wanner, M., Caniglia, G., & Lang, D. J. (2017). Reallabore im Kontext transformativer Forschung: Ansatzpunkte zur Konzeption und Einbettung in den internationalen Forschungsstand // Real-world laboratories in the context of transformative research: Conceptual building blocks and embedding into the international state of the art. Institute for Ethics and Transdisciplinary Sustainability Research, Leuphana University of Lüneburg. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28604.23687>
- Schulz, T. (2014, 02). Larry und die Mondfahrer. *Der Spiegel*. <https://www.spiegel.de/politik/larry-und-die-mondfahrer-a-0d410ea8-0002-0001-0000-000125300634>
- Schütz, F., Heidingsfelder, M. L., & Schraudner, M. (2019). Co-shaping the Future in Quadruple Helix Innovation Systems: Uncovering Public Preferences toward Participatory Research and Innovation. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 5(2), 128–146. <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2019.04.002>
- Schuurman, D. (2015). Bridging the gap between Open and User Innovation?: Exploring the value of Living Labs as a means to structure user contribution and manage distributed innovation [PhD Thesis].
- Schuurman, D., Lievens, B., Marez, L. D., & Ballon, P. (2012). Towards Optimal User Involvement in Innovation Processes: A Panel-centered Living Lab-approach. 23.
- Straßenverkehrs-Ordnung (StVO), (2013).
- Veeckman, C., Schuurman, D., Leminen, S., & Westerlund, M. (2013). Linking Living Lab Characteristics and Their Outcomes: Towards a Conceptual Framework. *Technology Innovation Management Review*, 10.

Wanner, M., Hilger, A., Westerkowski, J., Rose, M., Stelzer, F., & Schöpke, N. (2018). Towards a Cyclical Concept of Real-World Laboratories: A Transdisciplinary Research Practice for Sustainability Transitions. *DisP - The Planning Review*, 54(2), 94–114. <https://doi.org/10.1080/02513625.2018.1487651>

Westerlund, M., & Leminen, S. (2011). Managing the Challenges of Becoming an Open Innovation Company: Experiences from Living Labs. *Technology Innovation Management Review*, 7.

Westerlund, M., Leminen, S., & Habib, C. (2018). Key Constructs and a Definition of Living Labs as Innovation Platforms. *Technology Innovation Management Review*, 8(12), 51–62. <https://doi.org/10.22215/timreview/1205>

Zhang, D., Maslej, N., Brynjolfsson, E., Etchemendy, J., Lyons, T., Manyika, J., Ngo, H., Niebles, J. C., Sellitto, M., Sakhaee, E., Shoham, Y., Clark, J., & Perrault, R. (2022). Artificial Intelligence Index Report 2022 (The AI Index Report). Stanford Institute for Human-Centered AI. <https://aiindex.stanford.edu/report/>

Weiterführende Links

2.3 Reallabore weltweit

USA

X Company <https://x.company/>
 Harvard Innovation Labs <https://innovationlabs.harvard.edu/>
 Student i-lab <https://innovationlabs.harvard.edu/student-i-lab-membership/>
 Launch Lab X Geo <https://innovationlabs.harvard.edu/launch-lab-x/>
 Paliuca Harvard Life Lab <https://innovationlabs.harvard.edu/our-labs/pagliuca-harvard-life-lab/>

Europa

SAP Innovation Lab <https://www.iis.wiwi.uni-due.de/praxis/sap-innovation-lab/>
 VW Group Innovation <https://www.volkswagenag.com/de/group/group-innovation.html>
 Siemens Innovation <https://ecosystem.siemens.com/>
 BMWK Handbuch für Reallabore <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/handbuch-fuer-reallabore.html>
 Reallabore der Energiewende <https://www.energieforschung.de/im-fokus/reallabore-der-energiewende>

Asien

Seoul Innovation Park <https://en.innovationpark.kr/>
 Seoul Innovation Park Reallabor <https://en.innovationpark.kr/living-lab/>
 Singapur als Reallabor für KI-Anwendungen <https://www.todayonline.com/singapore/singapore-wants-be-living-lab-global-ai-solutions-vivian-balakrishnan>
 Trans-Urban-EU-China http://transurbaneuchina.eu/?no_cache=1
 ProGireg <https://progireg.eu/>
 Huawei Forschungszentren <https://www.huawei.com/en/facts>
 Baidu Innovationszentren <http://research.baidu.com/>
 Tencent AI Lab <https://ai.tencent.com/ailab/en/index>
 Alibaba Damo Academy <https://damo.alibaba.com/labs/>

2.4 Reallabore als ein Format von offenen Innovationsprozessen

Testa Center <https://testacenter.com/>
 Paliuca Harvard Life Lab <https://innovationlabs.harvard.edu/our-labs/pagliuca-harvard-life-lab/>
 Life Science Innovation Center UC Davis <https://www.lsicdavis.com/>
 Helix Hub Berlin <https://helix.life/>
 Life Science Factory Uni Göttingen <https://lifescience-factory.com/de/>

3 Identifizierte Gruppen von Reallaboren

Gruppe 1: Demonstratorenwelten

Smart Factory OWL <https://smartfactory-owl.de/>
 Future Work Lab Stuttgart <https://futureworklab.de/>

Gruppe 2: Modulare Living Labs

Fraunhofer inHaus <https://www.inhaus.fraunhofer.de/de/ueber-uns.html>
 Innovative Retail Lab <https://www.innovative-retail.de/index.php>
 Living Labs des DFKI <https://www.dfki.de/web/technologien-anwendungen/living-labs>
 Well Living Lab <https://www.welllivinglab.com/>

Gruppe 3: KI-Reallabore

Microsoft AI Labs <https://www.microsoft.com/de-de/ai/ai-lab>
 Angebote der Microsoft AI Labs <https://aiotlabs.microsoft.com/en>
 Online-Formular zur Bewerbung für die AI Labs <https://aiotlabs.microsoft.com/p/apply/sprint>
 KI-Reallabor Lemgo <https://smartfactory-owl.de/ki-reallabor/>
 Reallabore in der Elasticity https://www.iao.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/aktuelles/die-zukunft-der-innenstadt-bereits-heute-beginnen.html?utm_campaign=News_22_12

Gruppe 4: Urban Living Labs

ProGireg <https://progireg.eu/>
 Karlsruher Reallabor nachhaltiger Klimaschutz (KARLA) <https://www.reallabor-karla.de/reallabor.php>

Gruppe 5: Smart City Living Labs

DOLL Living Lab <https://doll-livinglab.com/>

Projekte des DOLL Living Lab <https://doll-livinglab.com/webapp/>

Gothenburg Green City <https://www.investingothenburg.com/advantage-gothenburg/sustainable-development/gothenburg-green-city-zone>

Delivery Robot Hamburg https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/C-D/delivery-robot-hamburg.pdf?__blob=publicationFile&v=4

Ausnahmegenehmigung für den Delivery Robot https://media.frag-den-staat.de/files/foi/106844/Ausnahmegenehmigung_2017_12_22.pdf

Testfeld autonomes Fahren <https://taf-bw.de/das-testfeld/zielsetzung>

Gruppe 6: Innovationsareale

Smart Campus Initiative <https://www.smartcampus.hn/>

Echtzeitbelegung des Parkhauses <https://www.smartcampus.hn/projekt-prognose-der-parkhausauslastung/>

Toyota Woven City <https://www.woven-city.global/>

Andorra Living Lab <https://andorralivinglab.ad/#case-studies>

Cleantech Garden <http://espoodevelopments.fi/en/espoo-innovation-garden/opportunities/cleantech-garden/>

Gruppe 7: Integrierte Reallabore

INSPIRE Living Lab <https://www.livinglab-umm.de/angebot/>

Demofabrik Aachen <https://demofabrik-aachen.rwth-campus.com/>

4.2 Gestaltungsmerkmale der Dimension Rahmenbedingungen

Rechtlicher Rahmen

Ausnahmegenehmigung der Stadt Hamburg https://media.frag-den-staat.de/files/foi/106844/Ausnahmegenehmigung_2017_12_22.pdf

Impressum

**Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft
und Organisation IAO**
Nobelstraße 12,
70569 Stuttgart
www.iao.fraunhofer.de

ist eine rechtlich nicht selbständige Einrichtung der

Fraunhofer-Gesellschaft
zur Förderung der angewandten Forschung e.V.
Hansastraße 27 c
80686 München
www.fraunhofer.de

Satz und Layout
Valentin Buhl

Lektorat
Dagmar Bartels

Fraunhofer-Publica
doi: 10.24406/publica-1113
<http://dx.doi.org/10.24406/publica-1113>

Alle Rechte vorbehalten
© Fraunhofer IAO, 2023

Kontakt

Dr. Bernd Bienzeisler
Leiter Kognitive Dienstleistungssysteme
Tel. +49 711 970-2088
bernd.bienzeisler@iao.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft
und Organisation IAO
Nobelstraße 12,
70569 Stuttgart
www.iao.fraunhofer.de