

Juni 2026

Dr. Hannah Keding / Denise Glatzel

Regulatorische Rahmenbedingungen im Stuttgart Climate Tech Hub

**Interviewbasierte Analyse erster Hemmnisse,
Klärungsbedarfe und Lösungsansätze (M 4.1)**

Gefördert
durch



Baden-Württemberg
Ministerium für Wirtschaft,
Handwerk und Tourismus

Inhaltsverzeichnis

Executive Summary	05
Abkürzungsverzeichnis	06
1. Einleitung	07
2. Fraunhofer Institutszentrum Stuttgart: Infrastruktur als Schlüssel für Reallabore	09
2.1 Hemmnisse und Klärungsbedarfe	09
2.2 Akteure, Behörden und Netzwerke	09
2.3 Lösungsansätze und Gestaltungserfordernisse	10
2.4 Klärungsbedarfe im Forschungsalltag	10
3. Modul 1: Sustainability Nexus Cockpit	11
3.1 Hemmnisse und Klärungsbedarfe	11
3.2 Akteure, Behörden und Netzwerke	12
3.3 Lösungsansätze und Gestaltungserfordernisse	12
4. Modul 2: XR-Training Lab	13
4.1 Hemmnisse und Klärungsbedarfe	13
4.2 Akteure, Behörden und Netzwerke	14
4.3 Lösungsansätze und Gestaltungserfordernisse	14
5. Modul 3: Campus Biotech Lab	15
5.1 Hemmnisse und Klärungsbedarfe	15
5.2 Akteure, Behörden und Netzwerke	16
5.3 Lösungsansätze und Gestaltungserfordernisse	16

Inhaltsverzeichnis

6. Modul 4: Urban Farming & Hydrogen Lab	17
6.1 Urban Farming	17
6.1.1 Hemmnisse und Klärungsbedarfe	17
6.1.2 Akteure, Behörden und Netzwerke	17
6.1.3 Lösungsansätze und Gestaltungserfordernisse	17
6.2 Hydrogen Lab	18
6.2.1 Hemmnisse und Klärungsbedarfe	18
6.2.2 Akteure, Behörden und Netzwerke	18
6.2.3 Lösungsansätze und Gestaltungserfordernisse	19
7. Modul 5: Innovative Fassadensysteme	20
7.1 Hemmnisse und Klärungsbedarfe	20
7.2 Akteure, Behörden und Netzwerke	21
7.3 Lösungsansätze und Gestaltungserfordernisse	21
8. Fazit und Ausblick	22
Quellenverzeichnis	23

Beteiligte

Philipp Ciziroglou, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO | Steffen Haußmann, Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart IZS | Janosch Hecker, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA | Marlene Helm, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA | Steffen Kiemel, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA | Lukas Kriem, Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB | Timm Kuhlmann, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA | Eric Retzlaff, Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB | Frieder Schnabel, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO | Johannes Schrade, Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP | Maximilian Schutzbach, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA | Volker Schweizer, Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB | Daniel Straub, Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Autorinnen

Dr. Hannah Keding, Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Denise Glatzel, Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Regulatorische Rahmenbedingungen im Stuttgart Climate Tech Hub

Executive Summary

Die vorliegende Analyse bündelt erste interviewbasierte Hinweise zu regulatorischen Herausforderungen im *Stuttgart Climate Tech Hub (S-CTH)*. Sie dient dazu, für Auftraggeber, Politik und Verwaltung frühzeitig sichtbar zu machen, an welchen Stellen regulatorische Anforderungen, Zuständigkeiten und Verfahrenslogiken die Erprobung und spätere Skalierung klimarelevanter Innovationen erschweren können. Grundlage sind Einschätzungen der interviewten fünf Module sowie des Fraunhofer-Institutszentrums Stuttgart IZS; eine abschließende rechtliche Bewertung ist damit nicht verbunden.

Übergreifend zeigt sich, dass Hemmnisse im S-CTH weniger auf einzelne Normen als auf Schnittstellenprobleme zurückzuführen sind: zwischen Forschung und Regelbetrieb, zwischen Demonstration und Verwertung sowie zwischen technischer Innovation und bestehenden Genehmigungs- und Nachweissystemen. Wiederkehrende Themen sind lange und wenig flexible Verfahren, unklare Kategorien für neue oder hybride Nutzungen, hohe Anforderungen an Nachweise und Dokumentation, fragmentierte Zuständigkeiten sowie Unsicherheiten bei Daten, Rechten und Standardisierung.

Die Module haben unterschiedliche Schwerpunkte: Das Fraunhofer IZS verweist vor allem auf Hemmnisse im Bau- und Genehmigungsrecht bei Forschung im Bestand. Modul 1 thematisiert die Dynamik sowie Unschärfen bei Nachhaltigkeitsberichtspflichten, Datenschutzfragen und fehlende Datenverantwortung. Modul 2 hebt Rechtsfragen zu Daten-Governance sowie Anforderungen an nachvollziehbare KI-gestützte Bildungs- und Prüfungsformate hervor. Modul 3 fokussiert den sicheren Anlagenbetrieb, Hygiene, Produkt- und Abfalleinordnung sowie Verwertungspfade. Modul 4 macht lebensmittelrechtliche, organisatorische sowie Genehmigungs- und Sicherheitsfragen sichtbar. Modul 5 verweist auf Spannungen zwischen innovativen Fassadenlösungen und bestehendem Bau-, Umwelt-, Datenschutz- und Bewertungsrecht.

Als erste Handlungsrichtungen zeichnen sich befristete oder vereinfachte Erprobungsräume, klarere Kategorien für neuartige Nutzungen, frühe strukturierte Abstimmungen mit zuständigen Behörden, standardisierte Unterlagen- und Nachweisanforderungen sowie Muster für Daten- und Rechtsvereinbarungen ab. Zugleich wird deutlich, dass nicht allein die Normenlage, sondern auch Verfahrensdesign, Kapazitäten, institutionelles Erfahrungswissen und geeignete Transferstrukturen maßgeblich für die Überführung von Innovationen in breitere Anwendungen sind.

Dieser Bericht ist als fortschreibungsfähiger Arbeitsstand zu Projektbeginn zu verstehen. Er ersetzt keine rechtliche Prüfung im Einzelfall und formuliert keine abschließenden regulatorischen Empfehlungen. Vielmehr soll er eine gemeinsame Grundlage für die weitere Vertiefung, Priorisierung und Entwicklung tragfähiger Lösungs- und Transferpfade im weiteren Projektverlauf schaffen. Zugleich bildet er den ersten von insgesamt drei geplanten Regulatorik-Leitfäden, welche regulatorische Rahmenbedingungen der erforschten Technologien analysieren und Handlungsempfehlungen für die Politik ableiten. Letztere werden mit fortschreitender Modulentwicklung in den beiden folgenden Leitfäden stärker im Vordergrund stehen.

Abkürzungsverzeichnis

AP – Arbeitspaket

CSRD – Corporate Sustainability Reporting Directive

DIN – Deutsches Institut für Normung

EE-Modul – erneuerbare Energie-Modul

EU – Europäische Union

Fraunhofer IZS – Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart

IEC – International Electrotechnical Commission

ISO – International Organization for Standardization

KI – Künstliche Intelligenz

KMU – Kleine und mittlere Unternehmen

KPI – Key Performance Indicator

PV – Photovoltaik

S-CTH – Stuttgart Climate Tech Hub

XR – Extended Reality (Sammelbegriff, z. B. für Virtual Reality und Augmented Reality)

Regulatorische Rahmenbedingungen im Stuttgart Climate Tech Hub

1. Einleitung

Arbeitsstand auf Basis von Interviews mit fünf Modulen des Stuttgart Climate Tech Hub sowie dem Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart IZS (Stand: April 2026): Darstellung zentraler regulatorischer Herausforderungen, Hemmnisse und erster Lösungsansätze aus Sicht der Module des Stuttgart Climate Tech Hub (S-CTH).

Der S-CTH entwickelt am Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart IZS in Stuttgart-Vaihingen ein modulares Testfeld für klimarelevante Technologien und Prozesse. Ziel ist es, innovative Lösungen unter realen Bedingungen zu erproben, ihre Überführung in breitere Anwendungen vorzubereiten und damit zur klimaneutralen Transformation von Forschungs- und Unternehmensstandorten beizutragen. Das umgebaute Parkhaus beziehungsweise seine umgebenden Flächen fungieren dabei als offenes Reallabor, in dem gemeinsam mit Partnern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft skalierbare Lösungen entwickelt und demonstriert werden.

Arbeitspaket 4 (Begleitforschung: Skalierung, Normung und Transfer) begleitet diesen Prozess mit Blick auf Transfer, regulatorische Rahmenbedingungen und Umsetzbarkeit. Arbeitspaket 4.1 konzentriert sich auf regulatorische Rahmenbedingungen. Ziel ist es, zentrale rechtliche und administrative Anforderungen für die Module des S-CTH frühzeitig zu identifizieren, interviewbasiert Hemmnisse und Zielkonflikte sichtbar zu machen und daraus erste Ansatzpunkte für innovationsfreundlichere regulatorische und administrative Rahmenbedingungen sowie weiteren Klärungsbedarf abzuleiten.

Dieser erste Leitfaden Regulatorik versteht sich als fortschreibungsfähige Arbeitsgrundlage für den Auftraggeber, für Politik und Verwaltung, Unternehmen und die interessierte Fachöffentlichkeit. Er dokumentiert den interviewbasierten Arbeitsstand zu Projektbeginn hinsichtlich regulatorischer Rahmenbedingungen im S-CTH, welcher durch die beiden folgenden Leitfäden Regulatorik fortgeschrieben und gezielt vertieft wird. Der Bericht ersetzt keine abschließende rechtliche Bewertung im Einzelfall. Hinweise zum methodischen Vorgehen und zur Nutzung von KI-Unterstützung folgen in den nächsten Abschnitten.

Methodisches Vorgehen

Datengrundlage der vorliegenden Analyse sind (1) sieben leitfadengestützte Interviews mit den Modulen des Projekts sowie dem Fraunhofer IZS, (2) Inhalte aus dem Projektantrag sowie (3) ergänzende Materialien der Module, etwa Skizzen oder interne Beschreibungen. Die Interviewinhalte wurden thematisch strukturiert und für auftraggebende Personen, Politik, Verwaltung und interessierte Fachöffentlichkeit möglichst anschlussfähig dargestellt. Der Bericht dokumentiert dabei primär Wahrnehmungen, Problemdeutungen und Einschätzungen der interviewten Module in der Anfangsphase des Projekts. Er erhebt keinen Anspruch auf eine abschließende rechtliche Prüfung oder verbindliche regulatorische Einordnung im Einzelfall.

Hinweis zur Nutzung von KI-Unterstützung (Microsoft Copilot)

Für die Erstellung dieses Berichts wurde Microsoft Copilot als Schreib- und Strukturierungshilfe eingesetzt. Copilot unterstützte insbesondere bei der Verdichtung von Interviewinhalten, der sprachlichen Glättung und der konsistenten Aufbereitung in einer einheitlichen Berichtsstruktur. Die fachliche Verantwortung, Auswahl, Gewichtung und Endredaktion verbleiben beim Projektteam. Der Text gibt keine eigenständige rechtliche Bewertung wieder, sondern fasst interviewbasierte Hinweise und vorläufige Einordnungen aus dem Projektkontext zusammen. Im Folgenden werden für das Fraunhofer IZS sowie für die Module des S-CTH jeweils regulatorische Hemmnisse und Klärungsbedarfe erörtert, Akteure und Zuständigkeiten dargestellt und erste Lösungsansätze, auch für regulatorische Vereinfachungen, aufgezeigt.



© Fraunhofer IPA, Rainer Bez

Luftaufnahme des Fraunhofer Campus in Stuttgart-Vaihingen

Regulatorische Rahmenbedingungen im Stuttgart Climate Tech Hub

2. Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart: Infrastruktur als Schlüssel für Reallabore

Das Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart IZS schafft im Stuttgart Climate Tech Hub (S-CTH) die baulichen und organisatorischen Voraussetzungen dafür, dass Module in bestehende Infrastrukturen integriert und sicher betrieben werden können. Aus Sicht des Fraunhofer IZS stellt das Bau- und Genehmigungsrecht dabei einen zentralen Engpass dar: Wenn bereits vor Projektbeginn hohe organisatorische, finanzielle und rechtliche Vorleistungen erbracht werden müssen, kann dies Innovationsprozesse verzögern. Ein erleichterter Einstieg in zeitlich befristete Forschungsvorhaben wird daher als mögliche Lösungsrichtung benannt.

Rolle des Fraunhofer-Institutszentrums im S-CTH (AP 1.3)

Das Fraunhofer IZS koordiniert eine Machbarkeitsstudie und Gutachten für den Gesamtcampus. Erfasst und bewertet werden insbesondere bauliche, energetische, digitale und infrastrukturelle Ausgangsbedingungen (u. a. Energieversorgung, Nutzerbedarfe, Medienversorgung sowie Gebäude- und Flächennutzung). Ziel ist es, Potenziale und Restriktionen für die Integration der geplanten Technologien in realisierbare Optionen zu überführen und daraus Prioritäten, Demonstratoren und Transferpfade abzuleiten.

2.1 Hemmnisse und Klärungsbedarfe

Genehmigungen im Bestand dauern über den Projektzeitraum hinaus

Aus Sicht des Fraunhofer IZS sind Genehmigungen besonders anspruchsvoll, wenn Forschungsnutzungen in bestehende Gebäude integriert werden. Dann steigen Anforderungen an Nachweise und Abstimmungen, während die Projekte häufig nur wenige Jahre andauern. Im Interview wurde daraus die Einschätzung abgeleitet, dass eine Befristung etwa von Genehmigungen oder Zulassungen als regulatives Instrument stärker genutzt werden könnte:

Eine feste Laufzeit könnte den Verfahrensdruck reduzieren und Verfahren für Forschungsvorhaben praktikabler machen – ohne den Schutz von Leben, Gesundheit und Umwelt zu schwächen. Ob und in welcher Form dies im Einzelfall rechtlich tragfähig ist, wäre gesondert zu prüfen.

Graubereiche und fehlende Kategorien

Für den S-CTH beschreibt das Fraunhofer IZS eine strukturelle Lücke: Hybride Forschungsnutzungen – also Nutzungen, bei denen in bestehenden Gebäuden mehrere Funktionen wie Forschung, Laborbetrieb, technische Erprobung, Demonstration und teilweise auch Bildungs- oder Besucherformate zusammenkommen – passen aus Sicht der Interviewten nur begrenzt in gängige Kategorien des Baurechts. Dadurch entsteht nach Wahrnehmung des Fraunhofer IZS ein »Graubereich«, in dem vieles über Einzelfallprüfungen, Sondervorschriften und Abweichungen läuft. Als mögliche Lösungsrichtung wurde im Interview angeregt, klarere Begriffe und Kategorien für Forschung im Bestand zu entwickeln (z. B. »hybride Infrastrukturgebäude«), um Genehmigungswege von Beginn an eindeutiger und weniger fallbezogen zu gestalten.

2.2 Akteure, Behörden und Netzwerke

Als Schlüsselstelle nennt das Fraunhofer IZS das Baurechtsamt. Aus Sicht des Fraunhofer IZS ist der Prozess stark verfahrensorientiert: Erleichterungen oder Abweichungen werden meist erst nach sehr detaillierter Unterlagensichtung geprüft; frühe konzeptionelle Abstimmungen sind dadurch erschwert. Orientierungswerte für Fristen liegen bei wenigen Monaten, praktisch muss jedoch häufig mit Verzögerungen gerechnet werden (u. a. durch Nachforderungen). Je nach Nutzung werden zusätzlich Branddirektion und Umweltschutzstellen relevant.

Für die Prozessrealität nennt das Fraunhofer IZS grobe Zeitkorridore: Reguläre Verfahren werden häufig mit rund drei Monaten, vereinfachte Verfahren mit etwa ein bis zwei Monaten verbunden. Nach Einschätzung des Fraunhofer IZS wird dieser Rahmen in der Praxis jedoch oft überschritten, etwa durch Nachforderungen. Auch eine Genehmigungsfiktion entfaltet nur begrenzte Wirkung, wenn Unterlagen rechtzeitig als unvollständig beanstandet werden. Für Politik und Verwaltung ist dies relevant, weil aus der Interviewtenperspektive nicht nur Normen, sondern auch Kapazitäten und Verfahrensdesign die Innovationsgeschwindigkeit beeinflussen.

Ein weiterer Punkt betrifft die Rollenverteilung zwischen fachlichen Prüfungen und behördlicher Entscheidung. Aus Sicht des Fraunhofer IZS wird im Genehmigungsprozess teils als doppelt empfunden, dass Gutachten und Konzepte (z. B. Statik, Brandschutz) zunächst durch Fachplanende erstellt und geprüft werden, anschließend aber im behördlichen Verfahren erneut umfassend bewertet werden. Hier berührt das Fraunhofer IZS eine Grundsatzfrage, die über den S-CTH hinausweist: Wie lassen sich einerseits ein hohes Schutzniveau sichern und andererseits unnötige Doppelprüfungen vermeiden? Eine mögliche Richtung wäre – so die im Interview diskutierte Logik – die Verantwortungs- und Haftungs-zuordnung stärker zu klären, falls fachliche Bestätigungen in bestimmten Bereichen ein höheres Gewicht bekommen sollen.

2.3 Lösungsansätze und Gestaltungserfordernisse

Zweistufiges, befristetes Verfahren

Das Fraunhofer IZS schlägt für den S-CTH ein zweistufiges Modell vor: Zuerst würden wenige, sicherheitskritische Grundlagen geprüft (z. B. Brandschutz, Statik). Darauf könnte eine befristete Testphase mit klaren Sicherheiten für Behörden folgen (z. B. Rückbaupflicht). Währenddessen würden Betriebsdaten gesammelt, um anschließend fundierter in ein reguläres Verfahren zur dauerhaften Nutzung zu gehen. So läge die größte formale Hürde nicht am Projektanfang:

»Man baut dann aber Möglichkeiten ein, um diesen Testbetrieb für die Forschung vielleicht um ein oder zwei Jahre zu verlängern, [...] wenn das Konzept oder Piloten besonders gut laufen und sich als tragbar erweisen. **Im besten Fall wird ein Mechanismus etabliert, dass noch während der befristeten Forschungsdauer ein offizieller formaler Antrag eingereicht wird, um die Befristung in eine dauerhafte Nutzungsänderung umzuwandeln.**«

Steffen Haußmann, Fraunhofer IZS

Lösungsansätze Fraunhofer IZS

- Zeitlich befristete Verfahren für Forschungsvorhaben mit klaren Sicherheitsanforderungen und Rückbauoptionen, um Einstiegshürden zu reduzieren.
- Klarere Kategorien und Begriffe für hybride Forschungsnutzungen im Bestand, um Einzelfallprüfungen zu verringern.
- Frühe, strukturierte Vorgespräche mit dem Baurechtsamt auf Basis standardisierter Unterlagenlisten, um Planungs- und Genehmigungsrisiken zu reduzieren.
- Transparente Verantwortungs- und Haftungs-zuordnung, um Doppelprüfungen zu begrenzen, ohne das Schutzniveau zu senken.

2.4 Klärungsbedarfe im Forschungsalltag

Nachgenehmigungen und Verantwortlichkeiten

Im Forschungsalltag entsteht dabei eine zusätzliche Spannung: Einerseits sollen Campus- und Reallaborflächen flexibel für wechselnde Forschungsfragen nutzbar sein, andererseits erwartet das Baurecht klare Nutzungsbeschreibungen und stabile Zustände. Das Fraunhofer IZS nennt hier beispielhaft die Frage, wie präzise eine Nutzung im Antrag beschrieben werden sollte (z. B. »Labor« allgemein versus sehr spezifische Laborarten). Je konkreter die Bezeichnung, desto eher können spätere Anpassungen eine erneute Genehmigung auslösen; zugleich können bei echten Sicherheitsstufenwechseln (z. B. veränderte Gefährdungslage) bauliche Anforderungen entstehen, die ohnehin genehmigungsrelevant sind. Für den S-CTH folgt daraus die Notwendigkeit, in der Antragslogik zwischen legitimer Flexibilität und sicherheitsrelevanten Änderungen klar zu unterscheiden.

Für den S-CTH wird im Austausch mit dem Fraunhofer IZS außerdem ein Spannungsfeld sichtbar: Baurechtliche Prozesse gelten als so langwierig, dass Forschungsvorhaben teilweise enden, bevor formale Genehmigungen vorliegen. Daraus entsteht der Bedarf nach rechtssicheren, praxistauglichen Wegen für befristete Forschung – einschließlich klarer Regeln, was im Forschungsalltag als Änderung gilt und wie Nachgenehmigungen rechtssicher möglich sind.

3. Modul 1: Sustainability Nexus Cockpit

Das Sustainability Nexus Cockpit zielt darauf ab, Energie- und Nachhaltigkeitsdaten in Organisationen systematisch zusammenzuführen. Dadurch sollen Energieverbräuche besser gesteuert, Nachhaltigkeitskennzahlen belastbar aufbereitet und externe Berichtspflichten – insbesondere im Kontext der Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) der Europäischen Union (EU) – erfüllt werden können. Im Mittelpunkt stehen damit die Integration heterogener Datenquellen, die Herstellung belastbarer Kennzahlen sowie die Schaffung einer technisch und organisatorisch tragfähigen Grundlage für Reporting und Steuerung.

3.1 Hemmnisse und Klärungsbedarfe

CSRD: Dynamik und regulatorische Unschärfen

Als zentrales Hemmnis beschreibt das Modul die hohe Dynamik im Zusammenhang mit der CSRD. Änderungen von Anforderungen, Übergangsfristen und noch nicht abschließend präzierte Detailvorgaben (EU-Omnibus-Paket I) erschweren den Aufbau stabiler Datenmodelle und eine verlässliche Priorisierung. Für das Sustainability Nexus Cockpit ist dies besonders problematisch, weil technische und organisatorische Strukturen nur dann effizient aufgebaut werden können, wenn hinreichend klar ist, welche Kennzahlen dauerhaft erforderlich sind und in welcher Form sie berichtet werden müssen.

Datenschutz, Zugriffsrechte und Datenverfügbarkeit

Ein weiteres zentrales Hemmnis liegt in Datenschutzfragen. Gerade soziale Kennzahlen im Rahmen der CSRD betreffen meist personenbezogene Daten, etwa bei Geschlechterverteilung, Gender Pay Gap oder Mobilitätsdaten. Im Interview heißt es dazu:

»Bei der CSRD erfassen wir auch [...] eine Vielzahl von sozialen Faktoren [...] und das sind gewissermaßen auch alles personenbezogene Daten. [...] Wenn wir personenbezogene Daten auf einem zentralen Server speichern, selbst wenn dieser Server nur IZS-intern erreichbar ist, können theoretisch mehrere Personen aus unterschiedlichen Fachbereichen darauf zugreifen.«

Maximilian Schutzbach, Fraunhofer IPA

Das verdeutlicht das Spannungsfeld zwischen Berichtspflicht und Datenschutz. Neben datenschutzrechtlichen Einschränkungen erschwert auch die praktische Verfügbarkeit der benötigten Daten den Aufbau des Cockpits. Viele Informationen liegen verteilt in unterschiedlichsten (Informations-)Systemen vor, sind nur manuell verfügbar oder müssen wiederholt abgefragt werden. Dadurch sinken Datenqualität, Aktualität und Skalierbarkeit.

Verantwortlichkeiten, technische Heterogenität und Prüfbarkeit

Ein weiteres Hemmnis liegt in unklaren Zuständigkeiten und fehlenden Datenverantwortlichkeiten. Wenn Data Owner, Pflegeprozesse und Freigaben nicht eindeutig definiert sind, wird die Erhebung und Aktualisierung belastbarer Daten erschwert. Hinzu kommt insbesondere im Bereich der Energiedaten eine heterogene Systemlandschaft mit unterschiedlichen Messsystemen, Formaten und Schnittstellen.

Dadurch steigt der Aufwand, Daten vergleichbar zusammenzuführen und nachvollziehbare Kennzahlen zu bilden. Für Managementsysteme und Prüfungen, etwa im Umfeld von ISO 50001, sind jedoch eindeutige Quellen, klare Key-Performance-Indicator (KPI)-Definitionen und dokumentierte Freigabe-prozesse erforderlich.

Ressourcenknappheit, Automatisierung und Akzeptanz

Besonders für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) ist der Aufwand für Datenerhebung, Bereinigung und Reporting ohne Automatisierung kaum tragfähig. Im Interview verdeutlicht Timm Kuhlmann dies mit einem Praxisbeispiel:

»[...] ein Familienunternehmen aus der Galvanikbranche – mit deutlich weniger als 100 Mitarbeitenden –, die gesagt haben: [...] sie würde dort gerne viel tiefer einsteigen im Bereich Nachhaltigkeit und Energieeffizienz. **Nur sie haben halt in ihrem Unternehmen nicht die Ressourcen. [...] Sie brauchen Systeme, die [...] sehr einfach, nahezu automatisiert, barrierefrei funktionieren.**«

Timm Kuhlmann, Fraunhofer IPA

Daraus lässt sich ableiten, dass für KMU Automatisierung und niedrige Zugangshürden wesentliche Voraussetzungen für ein praktikables Reporting darstellen. Zugleich hängt die Akzeptanz solcher Systeme wesentlich davon ab, ob sie nicht nur als regulatorische Pflicht, sondern auch als betrieblicher Mehrwert wahrgenommen werden.

3.2 Akteure, Behörden und Netzwerke

Für die Entwicklung und Skalierung des Sustainability Nexus Cockpit wurden im Interview mehrere relevante Akteure benannt. Zentrale regulatorische Referenz ist die Europäische Kommission, da sie mit der CSRD den maßgeblichen Rahmen für Nachhaltigkeitsberichtspflichten setzt. Für technische Standards im Energiedatenumfeld wurden insbesondere Normen der International Electrotechnical Commission (IEC) genannt. Hinzu kommen Wirtschaftsprüfer, Auditierende und Zertifizierungsstellen, da sie Nachhaltigkeitsberichte, Energieaudits und Managementsysteme prüfen und damit beeinflussen, welche Datenstrukturen und Nachweise in der Praxis anschlussfähig sind; beispielhaft wurden DEKRA und TÜV erwähnt. Für den Transfer wurden zudem Netzwerke und Intermediäre wie Industrie- und Handelskammern und Umwelttechnik Baden-Württemberg als wichtige Multiplikatoren hervorgehoben. Insgesamt zeigt sich damit, dass die Marktintegration des Moduls nicht nur von Regulierung, sondern auch von Standardisierung, Prüfregimen und vermittelnden Netzwerken abhängt.

3.3 Lösungsansätze und Gestaltungserfordernisse

Als zentrale Lösungsrichtung nennt das Modul die Vereinfachung der doppelten Wesentlichkeitsanalyse im Rahmen der Umsetzung der CSRD. Im Interview wurde betont, dass sich der Prozess durch klarere Leitlinien und eine stärkere Fokussierung auf wesentliche Datenpunkte effizienter gestalten ließe. Statt eine große Zahl einzelner Indikatoren separat zu erheben, könnte ein Teil der Informationen aus wenigen zentralen Kennzahlen abgeleitet werden. Dies würde den Erhebungsaufwand senken, ohne die Erfüllung der Anforderungen grundsätzlich in Frage zu stellen, und könnte insbesondere in komplexen Organisationen zu einer praktikableren Umsetzung beitragen. Neben der technischen Automatisierung braucht das Sustainability Nexus Cockpit klar definierte Rollen für Datenverantwortung, Pflege und Freigabe. Erst durch solche Governance-Strukturen können Kennzahlen nachvollziehbar, prüfbar und langfristig belastbar bereitgestellt werden.

Schließlich setzt das Modul auf Automatisierung und Qualitätsregeln für datenbezogene Prozesse. Plausibilitätsprüfungen, standardisierte Import-Workflows und weniger manuelle Excel-basierte Abläufe sollen die Datenverarbeitung robuster und langfristig tragfähig machen. Für die Akzeptanz ist darüber hinaus entscheidend, den betrieblichen Mehrwert frühzeitig sichtbar zu machen – etwa durch Einsparpotenziale, bessere Transparenz, Fehlererkennung oder Benchmarking. Nur wenn regulatorische Funktionalität mit einem erkennbaren Nutzenversprechen verbunden wird, kann das Sustainability Nexus Cockpit in der Praxis breiter angenommen werden.

Lösungsansätze Modul 1

- Klarere Leitlinien zur Wesentlichkeitsanalyse und stärkere Fokussierung auf zentrale Datenpunkte, um Erhebungs- und Prüfaufwand zu reduzieren.
- Standardisierte Anforderungen an Datenverantwortung, Freigabeprozesse und Nachweisführung, um Auditierbarkeit und Vergleichbarkeit zu verbessern.
- Plausibilitätsprüfungen, standardisierte Import-Workflows und stärker automatisierte Datenprozesse, um manuelle Aufwände und Fehlerquellen zu verringern.
- Niedrigschwellige, weitgehend automatisierte Lösungen insbesondere für KMU, damit regulatorische Anforderungen praktikabler erfüllt werden können.

Regulatorische Rahmenbedingungen im Stuttgart Climate Tech Hub

4. Modul 2: XR-Training Lab

Das XR-Training Lab (Modul 2) ist im S-CTH als Lern- und Demonstrationsumgebung angelegt, die digitale und immersive Formate für Aus- und Weiterbildung im Bau- und Klimaschutzkontext nutzbar macht. Dabei steht XR für Extended Reality (Sammelbegriff, z. B. für Virtual Reality und Augmented Reality). Das Modul versteht sich zugleich als »Eingangstor« für den S-CTH: Besuchergruppen aus Politik, Verwaltung, Wirtschaft oder Bildung sollen hier niedrigschwellig an die Use Cases der anderen Module herangeführt werden. Regulatorisch steht aus Sicht des Moduls weniger eine klassische Anlagen- oder Produktgenehmigung im Vordergrund, sondern die Frage, wie Bildungsinhalte, Daten und (wo eingesetzt) KI-Funktionen rechtssicher genutzt werden können – insbesondere dann, wenn Lernformate später außerhalb des Campus skaliert werden.

4.1 Hemmnisse und Klärungsbedarfe

Als zentrale Rahmenbedingungen nennt Modul 2 erstens Nutzungs- und Urheberrechte an Lerninhalten und zweitens den europäischen Rechtsrahmen für Künstliche Intelligenz. Für den S-CTH ist der Kernpunkt: Transferfähigkeit entsteht nur, wenn Rechtsfragen frühzeitig geklärt und dokumentiert sind. Innerhalb des S-CTH ist dies häufig gut umsetzbar, weil Inhalte und Daten oft Fraunhofer-intern entstehen. Sobald jedoch externe Inhalte zugekauft oder Daten von Dritten genutzt werden, erhöht sich die Komplexität. Aus Sicht des Moduls braucht es deshalb praxistaugliche Standards für Rechteprüfung, Vertragsgestaltung und Nachweisführung, damit Kooperationen nicht bei jedem Use Case neu verhandelt werden müssen.

Das Modul verdeutlicht den Bedarf an klaren Verfahren der Daten-Governance anhand eines Praxisbeispiels: In externen Kooperationen werde mitunter vorgeschlagen, Daten ohne abgestimmte rechtliche Grundlage in ein KI-System einzuspielen. Aus Sicht des Moduls ist dies nicht hinreichend abgesichert: Ohne schriftlich geregelte Nutzungsrechte (Zweck, Dauer, Löschung, Weitergabe) sollte im S-CTH kein Dateneinsatz erfolgen. Umgekehrt zeige sich dabei auch, dass viele Datenbereitsteller bislang nur begrenzt sensibilisiert sind, welche Absicherungen sie selbst einfordern sollten (z. B. Zusicherung, dass Daten ausschließlich intern genutzt und anschließend gelöscht werden). Für den Transfer ist dieser Befund relevant, weil er nahelegt: Neben Technik sind standardisierte Prozesse für Verträge, Rollen und Datenqualität erforderlich.

Lösungsansätze Modul 2

- Standardisierte Musterregelungen für Nutzungs- und Urheberrechte (inkl. KI-Nutzung) bei zugekauften oder extern bereitgestellten Inhalten.
- Standardisierte Mindestinhalte für Datennutzungsvereinbarungen (Zweckbindung, Löschung, Weitergabe, Verantwortlichkeiten).
- Klare Kriterien für Transparenz und Nachvollziehbarkeit KI-gestützter Bildungs- und Prüfungsformate, um Anerkennungsfähigkeit zu erhöhen.

Beim Einsatz von KI verweist das Modul auf die Notwendigkeit, Anwendungsszenarien sauber einzuordnen (insbesondere, wenn Lernangebote Tätigkeiten in sicherheitsrelevanten Bereichen adressieren). Dann werden aus Sicht des Moduls Transparenz, Dokumentation und Verantwortlichkeiten wichtiger – vergleichbar mit klassischen Zertifizierungen. Für Politik und Verwaltung folgt daraus aus interviewbasierter Perspektive eine Anschlussfrage: Welche Mindeststandards könnten erforderlich sein, damit KI-gestützte Bildungs- und Prüfungsformate rechtssicher, nachvollziehbar und anerkennungsfähig ausgestaltet werden können? Eine verbindliche rechtliche Bewertung ist damit noch nicht verbunden.

Für den Transfer unterscheidet Modul 2 klar zwischen dem Betrieb im S-CTH und einer späteren Nutzung außerhalb des Projekts. Bei der Skalierung in Unternehmen oder Kommunen rücken Daten-Governance, Datenqualität und Zuständigkeiten in den Vordergrund: Wer darf Nutzungsübertragungen autorisieren, wie belastbar sind die zugrunde liegenden Daten, und wie werden KI-gestützte Entscheidungen nachvollziehbar dokumentiert? Diese Fragen gewinnen insbesondere dann an Bedeutung, wenn Zertifikate nicht nur Kompetenzen bescheinigen, sondern konkrete Berechtigungen nach sich ziehen.

Als zusätzliche Hürde benennt Modul 2 die Datenqualität und Datenstruktur in Organisationen, die eigene Daten einbringen möchten. In Konzernstrukturen ist häufig unklar, wo Daten rechtlich verortet sind, wer zeichnungsberechtigt ist und ob Daten für andere Zwecke genutzt werden dürfen. Selbst bei grundsätzlichem Einverständnis kann die technische Aufbereitung so aufwendig sein, dass Use Cases verzögert werden. Aus Sicht des Moduls sollte der S-CTH daher auch Unterstützungsangebote zur Datenstrukturierung und zum sicheren Datenaustausch vorsehen.

Neben der Regulatorik sieht Modul 2 drei praktische Hebel, die über Akzeptanz und Skalierung entscheiden: (1) Technologieaufwand (Hardware, Software, stabile Umgebungen), (2) Akzeptanz und Investitionsbereitschaft bei Organisationen sowie (3) die Frage, wann »moderne« Lerntechnologie tatsächlich messbar bessere Lernergebnisse liefert. Das Modul will im S-CTH deshalb nicht nur demonstrieren, sondern auch Wirksamkeit prüfen – und zugleich niedrighschwellige Formate mitdenken, die mit weniger Technik auskommt.

Ein weiterer, nicht-technischer Hemmnisbereich ist aus Sicht des Moduls die Nachfrage nach Weiterbildung. Das Modul nimmt wahr, dass Fort- und Weiterbildung in Teilen der Wirtschaft noch nicht durchgängig als strategische Antwort auf Fachkräftemangel verstanden wird (z. B. für »Cross-Industry Learning«). Zugleich bestehen in einzelnen Berufsgruppen formale Weiterbildungspflichten (etwa bei Architektinnen und Architekten). Dabei kann ein unerwünschter Nebeneffekt entstehen: Statt bedarfsorientierter Qualifizierung wird mitunter vorrangig darauf geachtet, Fortbildungspunkte mit möglichst geringem Aufwand zu erwerben. Für den S-CTH ist dies relevant, weil sich daraus die Frage ergibt, wie Lernangebote so gestaltet werden können, dass sie sowohl formal anerkannt als auch fachlich wirksam und bedarfsorientiert sind.

4.2 Akteure, Behörden und Netzwerke

Als relevante Akteure nennt das Modul für den S-CTH insbesondere die Fraunhofer Academy (zur Ausspielung von Angeboten) und die Fraunhofer-Zertifizierungsstelle (für Prüfungen/Zertifikate). Bei einer späteren Überführung in die breite Anwendung können – je nach Use Case – auch externe Zertifizierungsstellen im Bauwesen relevant werden. Potenzial sieht das Modul zudem in rechtlich abgesicherten Experimentierräumen für Daten- und KI-Verarbeitung; eine konkrete Ausgestaltung ist aus Sicht des Moduls weiter zu präzisieren.

4.3 Lösungsansätze und Gestaltungserfordernisse

Als zentrale Strategie nennt das Modul die konsequente Demonstration und Erprobung: Lerntechnologien sollen im S-CTH erfahrbar gemacht werden, um Vertrauen und Akzeptanz aufzubauen. Für die Technologieintensität erwartet das Modul mittelfristig sinkende Kosten, betont jedoch zugleich den Wert hybrider Konzepte (analog und digital), damit Angebote auch ohne hochwertige technische Ausstattung funktionieren. Damit wird der S-CTH aus Sicht des Moduls zu einem Ort, an dem Formate iterativ weiterentwickelt und anschließend transferfähig gemacht werden können.

Regulatorische Rahmenbedingungen im Stuttgart Climate Tech Hub

5. Modul 3: Campus Biotech Lab

Im Modul 3 »Campus Biotech Lab« geht es darum, biogene Reststoffe lokal so zu verarbeiten, dass Energie und Nährstoffe im Kreislauf bleiben. Der Demonstrator verbindet Abfallannahme, biotechnologische Prozessschritte und potenzielle Produkte (z. B. Biogas, rückgewonnene Nährstoffe, Biomasse). Für den S-CTH entstehen regulatorische Fragen vor allem an Schnittstellen: beim sicheren Anlagenbetrieb, bei Hygieneanforderungen und bei der rechtlichen Einordnung der entstehenden Produkte.

Zum Interviewzeitpunkt ist das Modul nach eigener Einschätzung noch stark in der Planung und Auslegung, weil es mehrere Untermodule vereint und sich praktische Randbedingungen ändern. Für den S-CTH ist daran wichtig: Viele regulatorische Fragen können erst dann konkret beantwortet werden, wenn technische Auslegung, Aufstellort und Betriebsweise feststehen.

5.1 Hemmnisse und Klärungsbedarfe

Betrieb, Genehmigung, Sicherheit und Umgang mit Biogas

Schon in der Planungs- und Auslegungsphase stellt sich die Frage, wie der geplante Demonstrator rechtlich einzuordnen ist: Handelt es sich um einen »verfahrensfreien« Containerbetrieb, oder werden durch einzelne Prozessschritte Genehmigungen und zusätzliche Sicherheitsanforderungen ausgelöst? Aus Sicht des Moduls ist das besonders relevant, weil bei der Biogasproduktion grundsätzlich Themen wie Explosionsschutz und der sichere Umgang mit brennbaren Gasen berührt werden können. Gleichzeitig kommen – je nach Verfahrensführung – Chemikalien (zum Beispiel Säuren) zum Einsatz, was weitere Schutz- und Nachweispflichten nach sich ziehen kann. Die praktische Konsequenz: Bestimmte technische Optionen, die aus Forschungssicht naheliegen, können regulatorisch dazu führen, dass der Demonstrator in eine andere Anlagenkategorie fällt und damit deutlich höhere Anforderungen auslöst.

Hinzu kommen aus Sicht des Moduls sehr konkrete Umsetzungshemmnisse, die indirekt auch regulatorisch wirken: Die geplante Substratquelle (Essensabfälle) ist nicht automatisch gesichert, weil sich die Kantinensituation am Standort ändern kann. Außerdem kann die Containerlast durch eingesetzte Komponenten (z. B. Edelstahlbauteile) so hoch werden, dass nicht jeder Aufstellort (z. B. ein Parkdeck) technisch möglich ist. Für den S-CTH zeigt dies, dass Infrastrukturfragen (Lasten, Flächen, Logistik) und Regulatorik früh zusammengedacht werden müssen. Aus Sicht des Moduls ist diese Unsicherheit zentral:

»... dann kommt man eventuell in das Problem, dass man nicht mehr mit einem verfahrensfreien Container arbeiten kann und entsprechend eventuell eine Zulassung benötigt, da Biogas produziert wird.«
Lukas Kriem, Fraunhofer IGB

Gleichzeitig benennt das Modul für sehr kleine Biogasmengen potenziell niedrighemmwellige Handlungsoptionen (zum Beispiel kontrollierte Abgabe oder eine kleine Verbrennungseinheit).

Ein praktisches Beispiel dafür ist der Umgang mit sehr kleinen Biogasmengen aus einer Pilotanlage. Aus Sicht des Moduls ist ein Blockheizkraftwerk hierfür nicht verhältnismäßig; diskutiert werden vielmehr kleinmaßstäbliche Verbrennungslösungen oder andere Wege der sicheren Behandlung. Gerade hier entscheidet die regulatorische Einordnung (verfahrensfrei vs. genehmigungspflichtig) darüber, wie aufwendig der Betrieb wird. Das Modul nennt als zu klärende Optionen unter anderem kontrollierte Verbrennung, eine zeitweise Speicherung (z. B. Ballon) oder – falls zulässig – eine andere Form der Abgabe. Die verfügbaren Optionen werden frühzeitig geprüft und der Arbeitsstand ist entsprechend dynamisch.

Hygiene, Nachweise Und Produktstatus

Wenn Essensabfälle verarbeitet werden, sind besondere Hygiene- und Gesundheitsanforderungen einzuhalten. Aus Sicht der Interviewten muss am Ende nachvollziehbar dargelegt werden können, dass keine gesundheitlichen Risiken entstehen. Das Modul diskutiert hierfür Hygienisierung als naheliegenden Ansatz, weist aber zugleich auf Zielkonflikte hin, etwa zusätzlichen Energiebedarf. Entscheidend erscheint weniger die einzelne Technik als die Frage, welche Form der Nachweissführung von zuständigen Stellen als ausreichend angesehen würde – insbesondere gegenüber dem Gesundheitsamt und zuständigen Umweltstellen. Gleichzeitig stellt sich die Frage, wie entstehende Stoffe rechtlich einzuordnen sind: Wenn aus Abfällen Produkte werden sollen, können je nach Ausgestaltung Abfallrecht, Produktsicherheit und ggf. Vorgaben zu tierischen Nebenprodukten relevant werden.

5.3 Akteure, Behörden und Netzwerke

Als besonders relevante Akteure nennt das Modul für den S-CTH vor allem das Gesundheitsamt (Hygiene/Nachweise), Emissions- bzw. Umweltbehörden (Anlagenbetrieb, Emissionen) sowie Stellen aus dem Bereich Landwirtschaft, sobald es um die Nutzung oder Ausbringung möglicher Produkte geht. Aus Interviewperspektive wird damit deutlich: Die regulatorische Einordnung könnte nicht nur für Genehmigungen, sondern auch für spätere Verwertungsketten prägend sein. Welche Zuständigkeiten im konkreten Fall tatsächlich einschlägig sind, wird im weiteren Projektverlauf geklärt.

Lösungsansätze Modul 3

- Aus Sicht des Moduls wären vereinfachte Rahmenbedingungen für die Nutzung biogener Reststoffe hilfreich, sofern am Ende belastbare Hygiene Nachweise erbracht werden können (Fokus auf Ergebnissachweis statt auf starre Prozessvorgaben).
- Als weiterer Bedarf wird eine klare, praxistaugliche Einordnung kleiner Biogasmengen in Pilotanlagen benannt (inkl. Anforderungen an sicheren Umgang/Behandlung), um unnötige Genehmigungsaufwände zu vermeiden.
- Darüber hinaus regt das Modul an, regulatorische Anreize bzw. Vorgaben zur Rückgewinnung und Kreislaufführung von Nährstoffen zu prüfen (über reine Einleitgrenzwerte hinaus), um Nachfrage und Märkte für Rückgewinnungslösungen zu stärken.

5.4 Lösungsansätze und Gestaltungserfordernisse

Im Hinblick auf Lösungsansätze beschreibt das Modul zunächst einen grundlegenden Bedarf an regulatorischen und ökonomischen Rahmenbedingungen, die Kreislaufwirtschaft nicht nur begrenzen, sondern aktiv ermöglichen. Aus Sicht der Interviewten setzt sich Rückgewinnung und Wiederverwendung biogener Reststoffe nur dann breiter durch, wenn entsprechende Verfahren nicht allein an Grenzwerten gemessen werden, sondern auch durch Anreize, Quoten oder klarere Nachfragesignale wirtschaftlich attraktiver werden. Für den S-CTH ist dies deshalb relevant, weil der Demonstrator nicht nur technische Machbarkeit zeigen, sondern auch Anschlussfähigkeit an spätere Verwertungs- und Nutzungskontexte herstellen soll.

Gleichzeitig macht das Modul deutlich, dass die Gesamt-Kaskade aus Biogas, Nährstoffrückgewinnung und Mikroalgen bislang kaum als integriertes System erprobt ist. Daraus ergibt sich ein typisches Erprobungsdilemma: Für belastbare Genehmigungs- und Umsetzungsperspektiven werden Betriebsdaten benötigt, die ohne einen funktionsfähigen Demonstrator nur eingeschränkt vorliegen. Aus Sicht des Moduls kommt dem S-CTH daher eine wichtige Rolle als Realerprobungsraum zu, in dem technische, betriebliche und regulatorische Fragen iterativ geklärt werden können.

Daraus lassen sich für den weiteren Projektverlauf drei erste Lösungsansätze ableiten: erstens frühe Klärungen mit zuständigen Behörden zu Sicherheits-, Hygiene- und Genehmigungsfragen, insbesondere zur Einordnung von Pilotanlagen und zum Umgang mit kleinen Biogasmengen; zweitens eine regulatorische Ausrichtung, die die Nutzung biogener Reststoffe und die Rückgewinnung von Nährstoffen erleichtert, sofern gesundheitliche und ökologische Unbedenklichkeit belastbar nachgewiesen werden kann; und drittens die Frage, wie politische oder administrative Anreize Märkte für Rückgewinnungs- und Kreislaufösungen stärken könnten. Als potenzielle Anwendungsfelder nennt das Modul dabei vor allem Kontexte mit nährstoffreichen Reststoffströmen, etwa in Teilen der Landwirtschaft oder in bestimmten Industrien. Zugleich verweist es auf eine betriebliche Risikoaversion bei potenziellen Anwendern, solange Grenzwerte sicher eingehalten werden müssen und belastbare Referenzen fehlen.

6. Modul 4: Urban Farming & Hydrogen Lab

Modul 4 verbindet zwei unterschiedliche, aber komplementäre Ansätze. Das Urban-Farming-Teilmodul erprobt modulare Formen der Lebensmittelproduktion im urbanen Raum und versteht den Container als Experimentier- und Lernumgebung. Das Hydrogen Lab richtet sich auf kleine, containerisierte Wasserstoffsysteme, mit denen Erzeugung, Speicherung und Nutzung von Wasserstoff unter realen Bedingungen untersucht werden sollen. Beide Teilmodule zielen damit auf neue Infrastrukturen im Reallabor, unterscheiden sich jedoch deutlich in ihren regulatorischen Schwerpunkten: Beim Urban Farming stehen vor allem lebensmittelrechtliche, hygienische und organisatorische Fragen im Vordergrund, beim Hydrogen Lab vor allem Genehmigungs-, Sicherheits- und Infrastrukturfragen.

6.1 Urban Farming

6.1.1 Hemmnisse und Klärungsbedarfe

Lebensmittelrecht, Verstetigung und institutionelle Verankerung

Im Urban-Farming-Teilmodul stehen nach Darstellung des Interviewpartners weniger die eingesetzten Technologien als die spätere Nutzung der erzeugten Lebensmittel im Mittelpunkt. Produktion, Weiterverarbeitung und möglicher Vertrieb – etwa über die Kantine – werden als an strenge Vorgaben gebunden beschrieben. Philipp Cizioglou formuliert dies so:

»... Die größte Herausforderung [ist],

die Lebensmittelproduktion so zu gewährleisten und den weiteren Transport, dass sie eben auch für einen Verzehr, zum Beispiel in der Kantine, dann bereitgestellt werden. Da sind eben die Regularien sehr streng.«

Philipp Cizioglou, Fraunhofer IAO

Damit liegt die zentrale Hürde aus Sicht des Moduls derzeit weniger in der Technik des Containers als in der rechtssicheren Einbindung urbaner Produktion in bestehende Versorgungsketten.

Hinzu kommen politische und wirtschaftliche Unsicherheiten. Im Interview wurde betont, dass Urban Farming aus Sicht des Moduls bislang nur begrenzte politische Aufmerksamkeit erhält, Anschlussfinanzierungen unsicher sind und belastbare Umsetzungsstrukturen fehlen. Das Thema werde weiterhin eher als Nische wahrgenommen; Verbände, Routinen und erprobte Transferpfade seien bislang nur schwach ausgeprägt.

Damit treffen nach Einschätzung der Interviewten regulatorische Komplexität, geringe Sichtbarkeit und fehlende institutionelle Verankerung aufeinander.

6.1.2 Akteure, Behörden und Netzwerke

Im Urban-Farming-Teilmodul konnten konkrete Behörden und Stellen im Interview noch nicht abschließend benannt werden. Deutlich wurde jedoch, dass insbesondere Akteure entlang von Lebensmittelproduktion, Hygiene und Verwertung relevant werden, sobald der Container nicht nur Demonstrator, sondern realer Erzeugungs- und Versorgungskontext sein soll. Zusätzlich wurden für die Weiterentwicklung Netzwerke und Partner aus Wissenschaft und Gründungsförderung genannt, insbesondere die Universität Hohenheim und startupnahe Strukturen wie das InnoGreenhouse der Universität.

6.1.3 Lösungsansätze und Gestaltungserfordernisse

Für das Teilmodul Urban Farming deutet sich aus dem Interview als zentrale Lösungsrichtung an, rechtssichere Erprobungsräume zu schaffen, in denen neue Formen urbaner Lebensmittelproduktion unter kontrollierten Bedingungen getestet werden können.

Im Interview wurde dies mit der Idee von »Regulatory Sandboxes« beziehungsweise Experimentier-kontexten verbunden. Solche Räume könnten aus Sicht des Moduls helfen, Anforderungen an Hygiene, Nutzung und Vertrieb schrittweise zu klären, ohne dass bereits zu Beginn sämtliche regulatorischen Anforderungen einer voll skalierten Lebensmittelproduktion erfüllt werden müssen. Ergänzend dazu wurden Fördermittel und Anschlussfinanzierungen als wesentliche Voraussetzung genannt, um erfolgreiche Ansätze über die erste Projektphase hinaus zu verstetigen.

Lösungsansätze Modul 4: Urban Farming

- Rechtssichere, befristete Erprobungsräume für urbane Lebensmittelproduktion schaffen, um Anforderungen an Hygiene, Nutzung und Vertrieb schrittweise zu klären.
- Frühe Abstimmung mit relevanten Stellen entlang von Produktion, Hygiene und Verwertung, um spätere Nutzungspfade realistisch vorzubereiten.
- Klare Mindestanforderungen für Demonstrations- und Pilotkontexte, damit nicht von Beginn an sämtliche Anforderungen voll skalierten Lebensmittelproduktion erfüllt werden müssen.

6.2 Hydrogen Lab

6.2.1 Hemmnisse und Klärungsbedarfe

Genehmigungen, Sicherheitsanforderungen und fehlende Routinen

Im Hydrogen Lab konzentrieren sich die im Interview benannten Hemmnisse vor allem auf Genehmigungs- und Sicherheitsfragen. Kleine, containerisierte Systeme werden aus Sicht der Interviewten als regulatorisch tendenziell einfacher handhabbar wahrgenommen, während größere Anlagen eher umfangreiche bau-, sicherheits- und immissionsschutzrechtliche Verfahren auslösen könnten. Gleichzeitig betonten die Interviewpartner, dass dies aus ihrer Sicht kein tragfähiger Zustand für spätere Skalierung ist: Kleinere Anlagen seien zwar potenziell einfacher genehmigungsfähig, könnten aber höhere Energiebedarfe nicht abdecken. Die konkrete Einordnung hängt jedoch wesentlich von der technischen Ausgestaltung des jeweiligen Systems ab.

Zusätzlich fehlen nach Darstellung der Interviewpartner vielerorts eingespielte Routinen und belastbare Referenzfälle. Behörden, Netzbetreiber und weitere Beteiligte verfügen aus Sicht des Moduls bislang oft über wenig Erfahrung mit solchen Wasserstoffsystemen, was zu erhöhter Vorsicht und längeren Abstimmungen führen könne. Janosch Hecker beschreibt die Situation wie folgt:

»Ich denke, es ist eine Mischung aus beidem: Zum einen die zum Teil **uneinheitliche Auslegung rechtlicher Vorgaben für [...] Wasserstofflösungen [...], zum anderen die begrenzte Anzahl bereits realisierter Projekte** und daraus resultierende fehlende Praxiserfahrung.«

Janosch Hecker, Fraunhofer IPA

Damit wird aus Interviewperspektive deutlich, dass regulatorische Hürden und Erfahrungsdefizite eng miteinander verknüpft wahrgenommen werden.

Wirtschaftlichkeit, Infrastruktur und Skalierungsproblem

Ein weiteres zentrales Hemmnis wird im Interview in der bislang unzureichenden Wirtschaftlichkeit von Wasserstoffanwendungen gesehen. Hohe Investitionskosten, fehlende Skalen-effekte und eine noch nicht ausreichend ausgebaute Wasserstoffinfrastruktur erschweren aus Sicht des Moduls den breiteren Einsatz. Hinzu kommt nach Darstellung der Interviewten ein typisches Wechselwirkungsverhältnis zwischen Nachfrage, Versorgung und Infrastrukturaufbau. Das Gespräch legt damit nahe, dass technische Reife allein nicht ausreicht; Markteintritt und Skalierung hängen aus Modulsicht wesentlich auch von politischem Anschub, Infrastrukturaufbau und Vertrauensbildung ab.

6.2.2 Akteure, Behörden und Netzwerke

Für das Hydrogen Lab wurden im Interview mehrere relevante Akteure benannt. Dazu zählen insbesondere Netzbetreiber und Energieversorger, da sie für netzdienliche Betriebsweisen und infrastrukturelle Anbindung aus Sicht des Moduls eine wichtige Rolle spielen. Hinzu kommen Zulieferer sowie verschiedene Genehmigungs- und Fachbehörden, insbesondere Baubehörden, Brandschutzstellen, Emissionsschutzbehörden und Wasserbehörden. Aus Interviewperspektive prägen diese Akteure den Markteintritt wesentlich mit, weil ihre Erfahrung, Auslegungspraxis und Kooperationsbereitschaft direkten Einfluss auf Aufwand und Dauer von Verfahren haben können.

Lösungsansätze Modul 4: Hydrogen Lab

- Rechtlich abgesicherte Testfelder für containerisierte Wasserstoffsysteme ermöglichen, um unter vereinfachten Bedingungen reale Betriebsdaten zu gewinnen.
- Frühe Einbindung von Netzbetreibern, Sicherheits- und Genehmigungsbehörden, um Auslegungsspielräume und Verfahrensrisiken zu reduzieren.
- Veröffentlichte Referenzbetriebsstrategien und Use Cases als Grundlage für technische Regeln, Normen und Genehmigungsroutinen.

6.2.3 Lösungsansätze und Gestaltungserfordernisse

Für das Teilmodul Hydrogen Lab wurden mehrere Lösungsrichtungen benannt. Dazu gehören aus Sicht der Interviewten rechtlich abgesicherte Testfelder, in denen containerisierte Systeme unter vereinfachten Auflagen reale Betriebsdaten erzeugen können. Außerdem wurde politische Förderung als möglicher Hebel genannt, um die Technologie langfristig zu etablieren, den Ausbau von Infrastruktur anzustoßen und perspektivisch Kosten zu senken. Ebenso wichtig erscheinen veröffentlichte Referenzbetriebsstrategien und Use Cases, weil sie als Grundlage für technische Regeln, Normen und Genehmigungsroutrinen dienen könnten. Damit zielt das Modul nach eigener Darstellung nicht nur auf technische Erprobung ab, sondern auch auf den systematischen Aufbau von Erfahrungswissen.

Übergreifend zeigt sich aus dem Interview zudem, dass erfolgreiche Skalierung nach Einschätzung der Beteiligten nicht allein von technischer Machbarkeit abhängt. Als weitere Voraussetzungen werden passende Infrastrukturen, qualifiziertes Fachpersonal und institutionelle Lernprozesse bei Behörden, Betreibern und weiteren Akteuren benannt. Im Hydrogen Lab stehen dabei aus Sicht des Moduls insbesondere der Aufbau verlässlicher Versorgungs- und Speicherstrukturen sowie Qualifizierung im Vordergrund.

7. Modul 5: Innovative Fassadensysteme

Modul 5 verbindet mehrere Ansätze, die sich an der Schnittstelle von Sanierung, Klimaanpassung, Digitalisierung und Baupraxis befinden. Dazu zählen das EE-Modul (erneuerbare Energie-Modul) für serielle und modulare Sanierung mit integrierter Anlagentechnik, die »wilde Klimawand« als naturbasierte Fassadenlösung, KI-gestützte Fassadenanalyse auf Basis von Bildmaterial sowie Auralisation als Verfahren zur Bewertung von Klang- und Aufenthaltsqualitäten. Gemeinsam ist diesen Teilbereichen, dass sie neue Funktionen an der Gebäudehülle erschließen und damit über klassische Fassadenanwendungen hinausgehen. Damit bündelt Modul 5 sehr unterschiedliche Innovationen, die jeweils eigene Hemmnisse aufweisen, aber auch auf gemeinsame Fragen von Standardisierung, Nachweisführung und Skalierung verweisen.

7.1 Hemmnisse und Klärungsbedarfe

EE-Modul (erneuerbare Energie-Modul): Genehmigungsrecht, Brandschutz und betriebliche Schnittstellen

Im EE-Modul liegt das zentrale Hemmnis in der Verbindung gewerkeübergreifender Technik mit dem bestehenden Bau- und Genehmigungsrecht. Hinzu kommen Graubereiche im Brandschutz sowie offene Fragen der Betriebsverantwortung und Gewährleistung, wenn Wärmepumpe, Lüftung, Photovoltaik (PV) und elektrische Komponenten in einem vorgefertigten Fassadenelement zusammengeführt werden. Für standardisierte Bauteile entsteht dadurch ein hoher Abstimmungsaufwand, der die Vorteile serieller Lösungen teilweise relativiert. Im Interview wird dies prägnant so zusammengefasst:

»Es sind 16 Landesbauordnungen, die sehr unterschiedliche Genehmigungsverfahren [...] beschreiben. Diese sollten harmonisiert werden. Dazu bräuchten wir [...] sinnhafte Vereinfachungen.«

Johannes Schrade, Fraunhofer IBP

Dies verdeutlicht, dass die Herausforderung nicht nur in einzelnen Vorschriften liegt, sondern auch in der Vielfalt und Uneinheitlichkeit der Regelungen.

Wilde Klimawand: rechtliche Einordnung und fehlende Bewertbarkeit

Bei der wilden Klimawand stehen andere Fragen im Vordergrund. Aus Sicht des Moduls fehlt es hier bislang an einer hinreichend klaren Einordnung naturbasierter Lösungen im Bau- und Umweltrecht sowie an belastbaren Verfahren zur funktionalen Bewertung von Begrünung. Für eine breitere Umsetzung werden im Interview Anforderungen an Dauerhaftigkeit, Qualität, Betriebspflichten, Monitoring und Wirkungskontrolle als besonders relevant benannt. Gleichzeitig besteht nach Darstellung des Moduls ein wirtschaftliches Bewertungsproblem: Positive Effekte wie Hitzereduktion, geringere Kühlkosten oder höhere Aufenthaltsqualität erscheinen plausibel, werden aber bislang nur selten systematisch quantifiziert und in Investitionsentscheidungen übersetzt. Dadurch könnten naturbasierte Fassadensysteme derzeit regulatorisch und ökonomisch benachteiligt sein.

KI-basierte Fassadenanalyse und Auralisation: Daten, Rechte und fehlende Standards

Für die KI-basierte Fassadenanalyse und die Auralisation zeigen sich Hemmnisse vor allem dort, wo innovative Verfahren auf noch unklare Daten- und Bewertungsgrundlagen treffen. Bei der Auralisation fehlt es aus Sicht des Moduls bislang an klaren Anforderungen dafür, wie kontextbezogene Geräusch- und Klangqualitäten bewertet werden könnten. Bestehende Akustikstandards erfassen nach Einschätzung des Moduls vor allem messbare Größen, während die Auralisation darauf abzielt, Klanglandschaften und Aufenthaltsqualitäten differenzierter hör- und bewertbar zu machen. Genau dafür bestehen aus Modulsicht aber noch Unklarheiten, etwa im Zusammenhang mit ISO-Normen für Soundscapes. Bei der KI-basierten Fassadenanalyse werden nicht nur geeignete Daten benötigt; es ist aus Sicht des Moduls auch zu klären, unter welchen rechtlichen Bedingungen Bildmaterial erhoben, verarbeitet und ausgewertet werden darf. In beiden Teilbereichen liegt die Herausforderung daher weniger in der technischen Grundidee als in der bislang begrenzten institutionellen und regulatorischen Anschlussfähigkeit.

7.2 Akteure, Behörden und Netzwerke

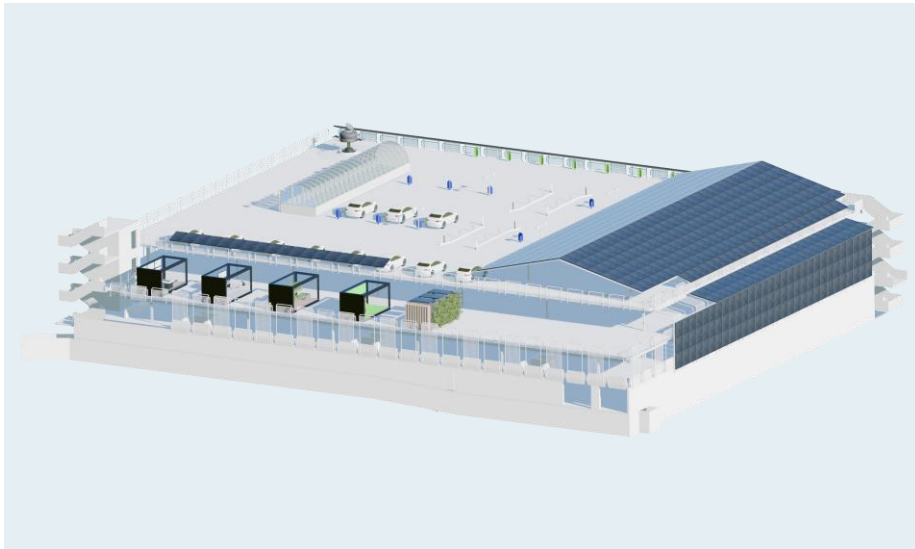
Die relevanten Akteure unterscheiden sich je nach Teilbereich, weisen aber deutliche Überschneidungen auf. Für das EE-Modul sind insbesondere Genehmigungsbehörden und Feuerwehr zentral, da sie bei baulicher Einordnung und Brandschutz eine Schlüsselrolle spielen. Bei der wilden Klimawand treten zusätzlich Kommunen, Stadtplanung, Umweltämter, Normungs- und Standardisierungsgremien sowie Zertifizierungs- und Bewertungsstellen in den Vordergrund. Für die KI-basierte Fassadenanalyse und die Auralisation sind darüber hinaus Akteure im Bereich Datenschutz, Rechtklärung, DIN- und ISO-Normung sowie wissenschaftliche Einrichtungen relevant. Insgesamt zeigt sich, dass Modul 5 in besonderem Maß von intermediären und bewertenden Akteuren abhängt. Marktintegration entsteht hier nicht allein durch technische Entwicklung, sondern durch die Einbindung von Behörden, Prüfinstanzen, Normungsorganisationen und kommunalen Planungsträgern.

7.3 Lösungsansätze und Gestaltungserfordernisse

Ein zentraler Lösungsansatz liegt aus Sicht des Moduls in der Vereinfachung und Harmonisierung von Genehmigungs- und Prüfpfaden. Für das EE-Modul werden vereinfachte Genehmigungsverfahren und ein besserer Zugang zu Prüfinstituten genannt, um den Übergang vom Prototyp zur Vorserie zu erleichtern. Für die wilde Klimawand werden belastbare Indikatoren, Monitoring und eine stärkere Orientierung an Funktionen statt ausschließlich an Flächenkennzahlen als hilfreich beschrieben. Für die KI-basierte Fassadenanalyse werden eigene Bildquellen, konkrete Erfassungen und die Erprobung der Auralisation anhand praktischer Fälle als praktikable Ansätze genannt. Insgesamt zeigt sich, dass Modul 5 neben technischen Lösungen auch an neuen Formen von Nachweisen, Bewertungen und institutionellem Lernen arbeitet.

Lösungsansätze: Modul 5

- EE-Modul für serielle und modulare Sanierung mit integrierter Anlagentechnik: Vereinfachte und stärker harmonisierte Genehmigungs- und Prüfpfade, um den Übergang vom Prototyp zur Vorserie zu erleichtern.
- Belastbare Indikatoren, Monitoring und stärker funktionsorientierte Bewertungsmaßstäbe für naturbasierte Fassadenlösungen.
- Klare Standards für Datenquellen, Rechtklärung und Bewertungsverfahren bei KI-gestützter Fassadenanalyse und Auralisation.



3D-Modell des S-CTH auf dem Parkhaus des Fraunhofer-Campus in Stuttgart-Vaihingen

8. Fazit und Ausblick

Der vorliegende Bericht dokumentiert einen frühen, interviewbasierten Arbeitsstand zu regulatorischen Fragestellungen im S-CTH. Bereits jetzt zeigt sich, dass zentrale Hemmnisse weniger aus einzelnen Normen als aus Schnittstellen zwischen Forschung, Erprobung, Genehmigung, Nachweisführung und späterem Transfer entstehen. Regulatorische Herausforderungen sind im S-CTH daher nicht isoliert technisch zu betrachten, sondern stehen in enger Wechselwirkung mit Zuständigkeiten, Verfahrenslogiken, Daten- und Nachweisanforderungen sowie Fragen der Skalierung.

Über die Module hinweg zeichnen sich zugleich erste gemeinsame Handlungsrichtungen ab: frühzeitige Abstimmungen mit zuständigen Behörden, praxistaugliche und möglichst standardisierte Verfahren für Nachweise, Daten- und Rechtklärung sowie rechtssichere Erprobungsräume für innovative Anwendungen.

Hinzu kommen – je nach Modultyp – Bedarfe nach klareren regulatorischen Kategorien, besser anschlussfähigen Bewertungsmaßstäben und geeigneten Anreizen für Kreislaufführung, Wiederverwendung und Transfer.

Diese Punkte sind ausdrücklich als erste interviewbasierte Hinweise zu verstehen; sie ersetzen keine abschließende rechtliche Bewertung und keine ausformulierten regulatorischen Empfehlungen.

Der Bericht versteht sich als fortschreibungsfähige Arbeitsgrundlage. Er bündelt den aktuellen Erkenntnisstand zu regulatorischen Hemmnissen und ersten Lösungsrichtungen, während Fragen zu Geschäftsmodellen und Pilotprojekten in gesonderten Formaten vertieft werden. Mit fortschreitender Modulentwicklung sollen weitere Interviewmaterialien eingearbeitet, Befunde geschärft und prioritäre Fragestellungen systematisch weiterverfolgt werden.

Zugleich bildet der vorliegende Text den ersten von insgesamt drei geplanten Regulatorik-Leitfäden im Projektverlauf. Die nachfolgenden Leitfäden sollen den weiteren Projektstand hinsichtlich regulatorischer Rahmenbedingungen dokumentieren, zusätzliche Erkenntnisse aus der Modulentwicklung und vertiefende Analysen aufnehmen, um so schrittweise eine belastbarere Grundlage für Priorisierung, regulatorische Einordnung und die Entwicklung tragfähiger Lösungs- und Transferpfade zu schaffen.

Kontakt

Dr. Hannah Keding

Tel. +49 711 970-2997
climatetechhub@
iao.fraunhofer.de

Fraunhofer IRB

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
www.irb.fraunhofer.de



S-CTH

Stuttgart
Climate Tech Hub

Der Stuttgart Climate Tech Hub ist ein institutsübergreifendes Vorhaben am Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart (Fraunhofer IAO, Fraunhofer IBP, Fraunhofer IGB, Fraunhofer IPA, Fraunhofer IRB).

Er wird gefördert vom Ministerium für Wirtschaft, Handwerk und Tourismus Baden-Württemberg.

Gefördert
durch



Baden-Württemberg
Ministerium für Wirtschaft,
Handwerk und Tourismus

Quellenverzeichnis

Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart IZS: Interviewtranskript, 27.02.2026. Interne Arbeitsunterlage.

Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart IZS: Interviewnotizen, 27.02.2026. Interne Arbeitsunterlage.

Fraunhofer-Institutszentrum Stuttgart IZS: Zusätzliche Interviewnotizen zur Infrastruktur, 27.02.2026. Interne Arbeitsunterlage.

Stuttgart Climate Tech Hub: Projektantrag. Interne Projektunterlage.

Modul 1 (Sustainability Nexus Cockpit): Interviewtranskript, 03.03.2026. Interne Arbeitsunterlage.

Modul 1 (Sustainability Nexus Cockpit): Interviewnotizen, 03.03.2026. Interne Arbeitsunterlage.

Modul 2 (XR-Training Lab): Interviewtranskript, 25.02.2026. Interne Arbeitsunterlage.

Modul 2 (XR-Training Lab): Interviewnotizen, 25.02.2026. Interne Arbeitsunterlage.

Modul 2 (XR-Training Lab): Zusätzliche Interviewnotizen, 25.02.2026. Interne Arbeitsunterlage.

Modul 3 (Campus Biotech Lab): Interviewtranskript, 08.04.2026. Interne Arbeitsunterlage.

Modul 3 (Campus Biotech Lab): Interviewnotizen, 08.04.2026. Interne Arbeitsunterlage.

Modul 3 (Campus Biotech Lab): Zusätzliche Interviewnotizen, 08.04.2026. Interne Arbeitsunterlage.

Modul 4 (Urban Farming): Interviewtranskript, 02.04.2026. Interne Arbeitsunterlage.

Modul 4 (Urban Farming): Interviewnotizen, 02.04.2026. Interne Arbeitsunterlage.

Modul 4 (Hydrogen Lab): Interviewtranskript, 12.03.2026. Interne Arbeitsunterlage.

Modul 4 (Hydrogen Lab): Interviewnotizen, 12.03.2026. Interne Arbeitsunterlage.

Modul 5 (Innovative Fassadensysteme): Interviewtranskript, 06.04.2026. Interne Arbeitsunterlage.

Modul 5 (Innovative Fassadensysteme): Interviewnotizen, 06.04.2026. Interne Arbeitsunterlage.

Stuttgart Climate Tech Hub, Module 5: Ergänzende, vom Modul bereitgestellte Materialien. Interne Projektunterlagen.

Regulatorische Rahmenbedingungen im Stuttgart Climate Tech Hub

Impressum

© Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Die Beiträge wurden von den Mitarbeitenden erarbeitet.

Satz:

Denise Glatzel, Transformation Innovation Center | Fraunhofer IRB
Stabstelle Kommunikation | Fraunhofer IRB

Bildquellen:

Titelseite: © halcon1 – stock.adobe.com
Seite 7: © Fraunhofer IPA, Foto: Rainer Bez
Seite 21: © Fraunhofer IAO, Ben Häußermann

Fraunhofer-Publica:

<https://doi.org/10.24406/publica-9127>

Diese Publikation wird unter der Lizenz
Creative Commons Namensnennung
4.0 International (CC BY 4.0)
veröffentlicht:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



