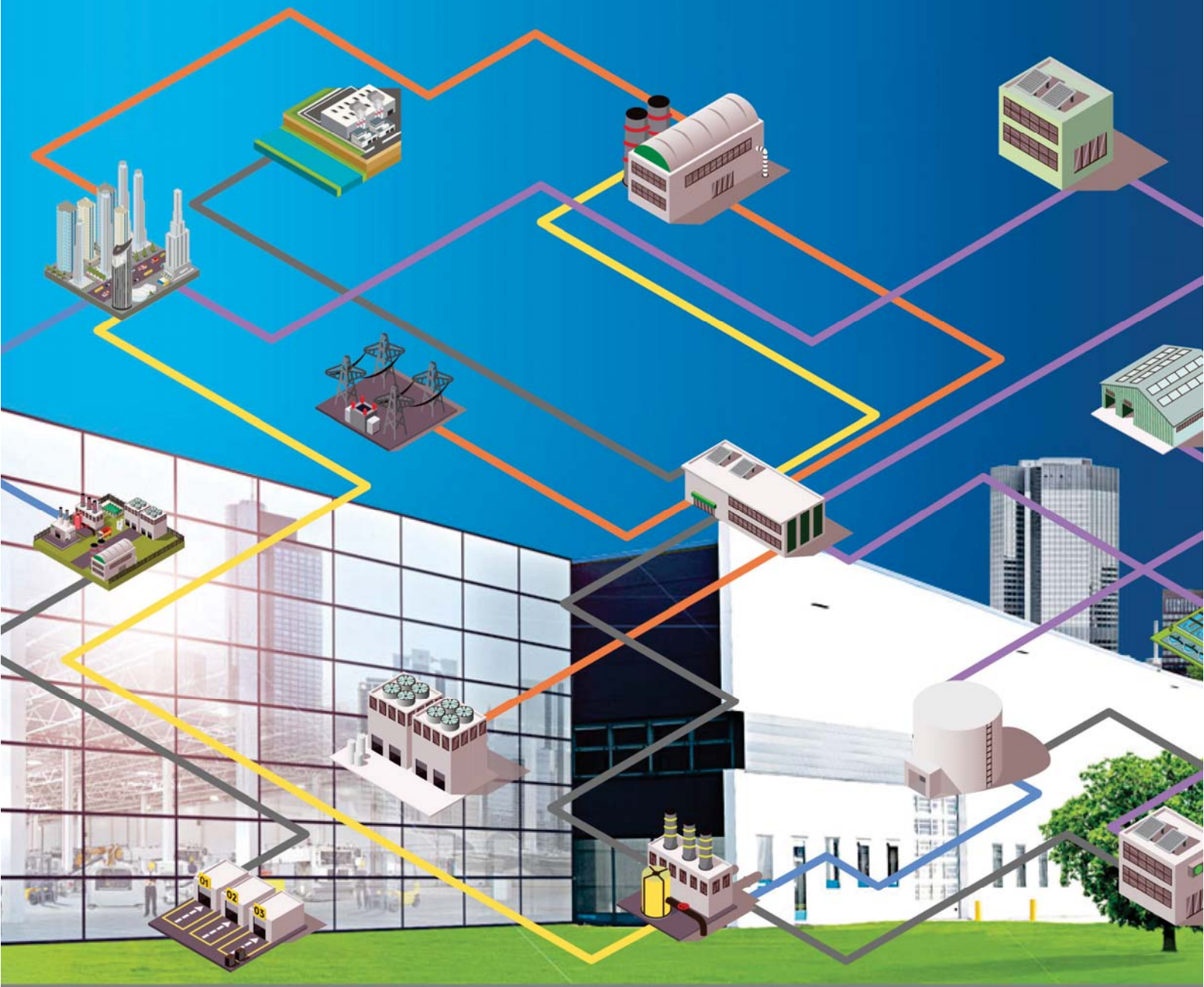
Fraunhofer

FRAUNHOFER IAO | FRAUNHOFER IGB | FRAUNHOFER IPA

ULTRAEFFIZIENZFABRIK

SYMBIOTISCH-VERLUSTFREIE PRODUKTION IM URBANEN UMFELD



AUSARBEITUNG VON ANFORDERUNGSPROFILEN AN ULTRAEFFIZIENZFABRIKEN ZUM AUFBAU STADTNAHER INDUSTRIEGEBIETE

ULTRAEFFIZIENZ FABRIK

ULTRAEFFIZIENZFABRIK
Symbiotisch-verlustfreie Produktion im urbanen Umfeld

Gefördert vom
Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
Förderkennzeichen: L7518001

ARBEITSPAKET 3.4
Ausarbeitung von Anforderungsprofilen an Ultraeffizienzfabriken zum Aufbau stadtnaher Industriegebiete

ERGEBNISBERICHT
Stuttgart, Januar 2020

Autoren:

Dipl.-Ing. Ivan Bogdanov, M.Sc.	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
Dipl.-Ing. Michael Hertwig	Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO
Marc Beckett, M.Sc.	Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB
Lara Waltersmann, M.Sc.	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Inhalt

1 Einleitung 4

2 Klassifikation urbaner Produktionen aus Sicht des Umfelds und des Unternehmens 6
2.1 Wissenschaftliche Grundlagen 6
2.2 Best-Practice-Beispiele 15

3 Symbiose-Effekte durch unternehmensübergreifende Kreisläufe und Integration in das urbane Umfeld 19
3.1 Vorgehensbeschreibung zur Identifikation von Symbiose-Effekten 19
3.2 Konkretisierung von Symbiose-Effekten 24
3.3 Analyseergebnisse zu bestehenden Symbiose-Effekten am Pilotstandort 26
3.4 Potenzialbetrachtung von Symbiose-Effekten am Pilotstandort 34

4 Geschäftsmodell für eine Standortbetreibergesellschaft am ausgewählten Pilotstandort nach dem Konzept der Ultraeffizienzfabrik 37
4.1 Vorgehen zur Geschäftsmodellentwicklung 37
4.2 Ergebnisse der Geschäftsmodellentwicklung 38
4.3 Detailbetrachtung eines ausgewählten Geschäftsmodells 39

5 Ganzheitliches Konzept zum Aufbau stadtnaher Industriestandorte im Sinne der Ultraeffizienz 45
5.1 Maßnahmen zum Ausbau von Symbiose-Effekten im Sinne der Ultraeffizienz 45
5.2 Langfristige Verstetigung 69

6 Literaturverzeichnis 72

7 Anhang 77

1 Einleitung

Die Endlichkeit von Ressourcen auf unserer Erde, das rasante Weltbevölkerungswachstum, sowie die zunehmende Verstädterung führen zum Zwang, unser aktuelles Handeln und Wirtschaften zu hinterfragen. Es muss ein Paradigmenwechsel hin zu einem nachhaltigen Wirtschaften auf der Grundlage der Entkopplung von Wachstum und Ressourcenverbrauch erfolgen. Gleichzeitig stehen Unternehmen insbesondere in Deutschland vor der Frage, wie dem seit Jahren andeutenden Fachkräftemangel entgegengestellt werden kann. Neben ihrer intrinsischen Motivation, den Zugang zu Märkten und Ressourcen zu erhalten, gilt es, das Arbeitsumfeld attraktiv und die Organisation effektiv zu gestalten. In diesem Kontext ist es unabdingbar, neue Maßstäbe von Effektivität und Effizienz, gepaart mit einer »sanften Produktion« zu entwickeln. Vor diesem Hintergrund wurde in den vergangenen Jahren das Konzept der Ultraeffizienzfabrik entwickelt. Dieses dient als Ordnungsrahmen zur Umsetzung der erforderlichen Entkopplung von Wachstum und Ressourcenverbrauch.
Eine nachhaltige Produktion wird dabei als bestmögliche Ressourcennutzung bei gleichzeitig minimaler Umweltwirkung verstanden. Die Vision der Ultraeffizienzfabrik ist somit die einer vollkommen verlust- und belastungsfreien Fabrik, die darüber hinaus einen symbiotisch-positiven Beitrag zu ihrem direkten Umfeld leistet. Das Konzept verbindet daher »das Richtige mit dem Richtigen« und kann eine erste Umsetzung dank geeigneter Best Practice-Unternehmen im Land vorweisen. Ultraeffizienz bedeutet in diesem Kontext, dass sowohl Effizienz, also so wenig Ressourcen wie möglich zu verbrauchen, als auch Effektivität, also wirtschaftlich, aber auch ökologisch möglichst unbedenklich zu produzieren, in Einklang gebracht werden. Durch die ganzheitliche Betrachtung der Handlungsfelder Material, Energie, Emissionen, Mensch/Personal und Organisation werden Zielkonflikte – wie beispielsweise der mögliche Zielkonflikt zwischen Energie- und Materialeffizienz – aufgedeckt und können so zielgerichtet aufgehoben werden. Hierdurch wird eine Minimierung bzw. Vermeidung von Umweltbelastungen erreicht und durch den Einbezug aller Handlungsfelder die ganzheitliche Betrachtung der drei Nachhaltigkeitsdimensionen – ökonomisch, ökologisch und sozial – ermöglicht. Darüber hinaus werden verschiedene Ebenen, in denen die Ultraeffizienz untersucht werden kann, definiert. Diese reichen vom einzelnen Prozess über die Produktion und Fabrik bis zum städtischen und globalen Umfeld (Abbildung 1). Somit können Synergien einer Fabrik mit ihrem Umfeld betrachtet werden.

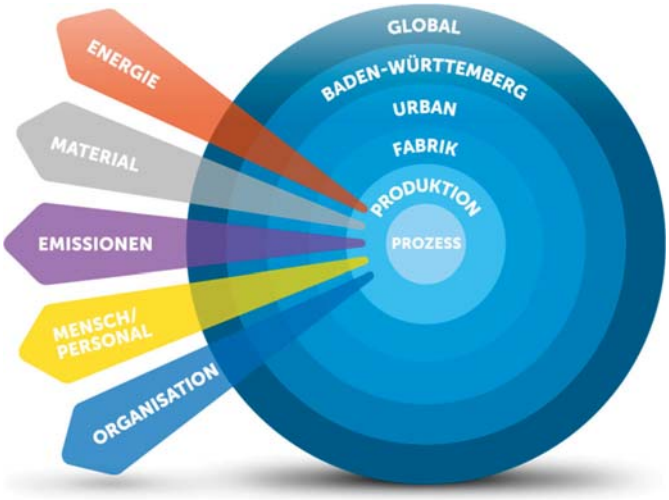


Abbildung 1 Handlungsfelder und Perspektiven der Ultraeffizienzfabrik

Zur Erreichung der formulierten Ziele der Ultraeffizienzfabrik verwendet das Konzept zum einen Tools und Methoden der digitalen Transformation, zum anderen der biologischen Transformation. Digitalisierung bzw. Industrie 4.0 sind essentielle Bestandteile des Konzepts der Ultraeffizienz, da hierdurch ein großer Beitrag zur Ressourceneffizienz geleistet werden kann. Die biologische Transformation der industriellen Wertschöpfung steht hierbei noch am Anfang der Forschung. Jedoch wird auch hier großes Potential zur Erhöhung der Ressourceneffizienz gesehen, da durch den Einfluss der Biologie auf die Produktion Produkte und Prozesse neugestaltet und die Technosphäre mit der Biosphäre verbunden werden kann. Durch eine systematische Erschließung dieser Potentiale werden eine erhöhte Ressourceneffizienz und die Schließung von Kreisläufen ermöglicht. Abbildung 2 illustriert diesen Zusammenhang.

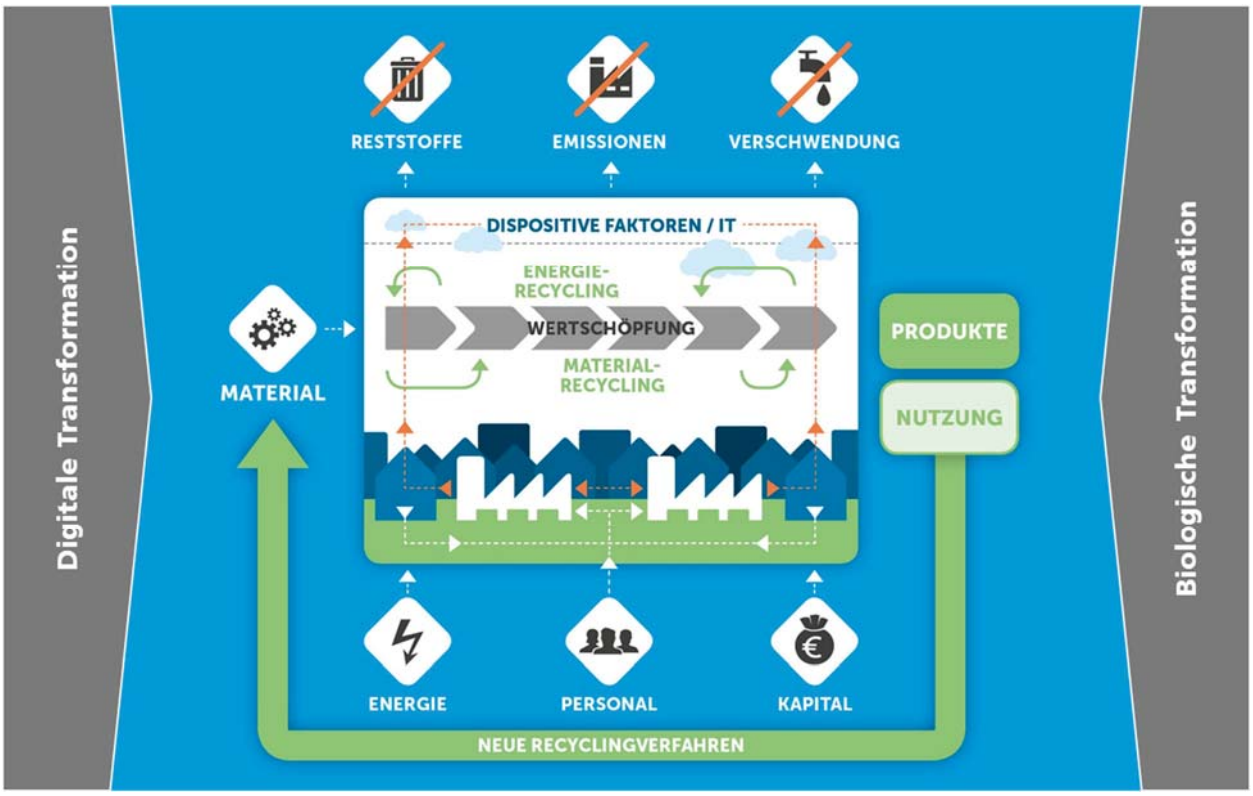


Abbildung 2 Die Ultraeffizienzfabrik – eine Vision für die industrielle Produktion der Zukunft, auch in Industriegebieten

Konkrete Ziele des Projekts sind die Ausarbeitung von gezielten Strategien zur Verbreitung des Konzepts der Ultraeffizienzfabrik in Industrie und Stadtentwicklung. Dafür sollten gezielt Anforderungsprofile zum Aufbau stadtnaher Industriegebiete nach dem Konzept der Ultraeffizienzfabrik ausgearbeitet werden. Die Produktion in stadtnahen Industriegebieten bietet erhebliche Chancen zur Steigerung der Ressourceneffizienz, Mitarbeiterzufriedenheit und der Realisierung von Symbiose-Effekten.
Das konkrete Ziel des hier beschriebenen Arbeitspaketes ist die Erweiterung der »Ultraeffizienzfabrik im urbanen Umfeld« zur zielgerichteten Ausweisung von stadtnahen Industriestandorten im Sinne einer zukunftsfähigen Stadt-Gemeindeentwicklung durch die Einbindung von Kommunen, Stadtplanern, Logistikern und Fabrikplanern sowie die Identifikation möglicher Synergieeffekte zwischen unterschiedlichen Unternehmen.

Das Vorgehen zur Erreichung dieser Ziele beinhaltet eine Klassifikation urbaner Produktionen aus Sicht der Unternehmen und des Umfelds, inkl. der Bestimmung prinzipieller Wechselwirkungen zwischen den ermittelten Klassen urbaner Produktionen und ihrem Umfeld. Des Weiteren erfolgte die Definition, Beschreibung und ganzheitliche Bewertung von Symbiose-Effekten durch unternehmensübergreifende Stoffkreisläufe sowie der Integration in das urbane Umfeld. Parallel zur Identifizierung geeigneter Gewerbe- und Industriegebiete sowie Kommunen in Baden-Württemberg zum Aufbau eines modellhaften Ultraeffizienz-Standorts wurde darüber hinaus ein Geschäftsmodell für eine Standortbetreibergesellschaft nach dem Konzept der Ultraeffizienzfabrik ausgearbeitet und auf einen ausgewählten Industriestandort angewendet.

Das zu erzielende Ergebnis stellt das vorliegende ganzheitliche Konzept zum Aufbau stadtnaher Industriestandorte im Sinne der Ultraeffizienz dar. Es beinhaltet im Kapitel 2 die Ergebnisse einer umfangreichen Literaturrecherche zu den wissenschaftlichen Grundlagen urbaner Produktionen, einschließlich der Beschreibung einiger Best-Practice-Beispiele. Kapitel 3 präsentiert das Vorgehen sowie die Erkenntnisse der Ultraeffizienz-Untersuchungen bzgl. bestehender Symbiose-Effekte an einem ausgewählten Pilotstandort in Baden-Württemberg. Das für diesen Standort entwickelte Geschäftsmodell für eine Standortbetreibergesellschaft im Sinne der Ultraeffizienz sowie das entsprechende Vorgehen werden in Kapitel 4 aufgezeigt. Abschließend widmet sich Kapitel 5 der Betrachtung der aus den Untersuchungen ergebenen Potenziale und der Beschreibung von empfohlenen Effizienzmaßnahmen zur Erschließung dieser Effizienzpotenziale am ausgewählten Pilotstandort.

2 Klassifikation urbaner Produktionen aus Sicht des Umfelds und des Unternehmens

Grundlegend für die Untersuchungen zu stadtnahen, ultraeffizienten Industriegebieten in Baden-Württemberg ist das allgemeine Verständnis über die Schnittstellen der Systeme Fabrik und Stadt. Dafür wurden als erster Schritt im Rahmen einer umfangreichen Fachliteraturrecherche die wissenschaftlichen Grundlagen, sowie relevante Best-Practice-Beispiele für urbane Produktionssysteme weltweit bis hin zu Baden-Württemberg ermittelt und untersucht. Dabei stand im Fokus der Darstellung des aktuellen Stands der Technik und der Wissenschaft eine Klassifikation dieser Systeme aus projektrelevanter Perspektive sowie die Bestimmung prinzipieller Wechselwirkungen zwischen den ermittelten Klassen urbaner Produktionen und ihrem Umfeld. Die genannte Recherche verfolgte u.a. die Themenbereiche »urbane Produktion«, »ressourceneffiziente Produktion«, »industrielle Symbiose«, »industrielle Ökologie«, »Eco-industrial Park« und »Green industrial Park«. In den folgenden Unterkapiteln werden somit die Erkenntnisse dieser Recherche im Detail präsentiert.

2.1 Wissenschaftliche Grundlagen

Vor dem Hintergrund der globalen Trends wie Verstädterung, volatile Märkte und Fachkräftemangel, müssen sich produzierende Unternehmen wesentlichen Herausforderungen stellen. Durch einen voraussichtlich deutlichen Zuwachs der Weltbevölkerung sowie des Bevölkerungsanteils, der in urbanen Räumen leben wird, werden bis zum Jahr 2050 voraussichtlich mehr als doppelt so viele Ressourcen benötigt, als unser Planet aktuell zur Verfügung stellt. Diese Prognosen zwingen zu einem nachhaltigen Leben und Wirtschaften, wobei der städtische Raum besonders seitens produzierender Unternehmen berücksichtigt werden soll. [1]
Die Vision einer urbanen Produktion als Lösungsansatz beschreibt eine Produktion, »die so schonend und verträglich ist, dass sie sogar im städtischen Umfeld stattfinden kann, und zwar zum Vorteil aller Beteiligten – Unternehmen und Mitarbeiter, sowie Stadt und Bürger.« Eine urbane Produktion setzt somit eine Symbiose zwischen Produktion und Umfeld voraus, im Sinne der Optimierung des positiven Beitrags der Produktion zum urbanen Umfeld, also mehr als nur eine Minimierung der negativen Auswirkungen. Die wichtigsten Teilaspekte der urbanen Produktion sind in Abbildung 3 übersichtlich dargestellt. [1]

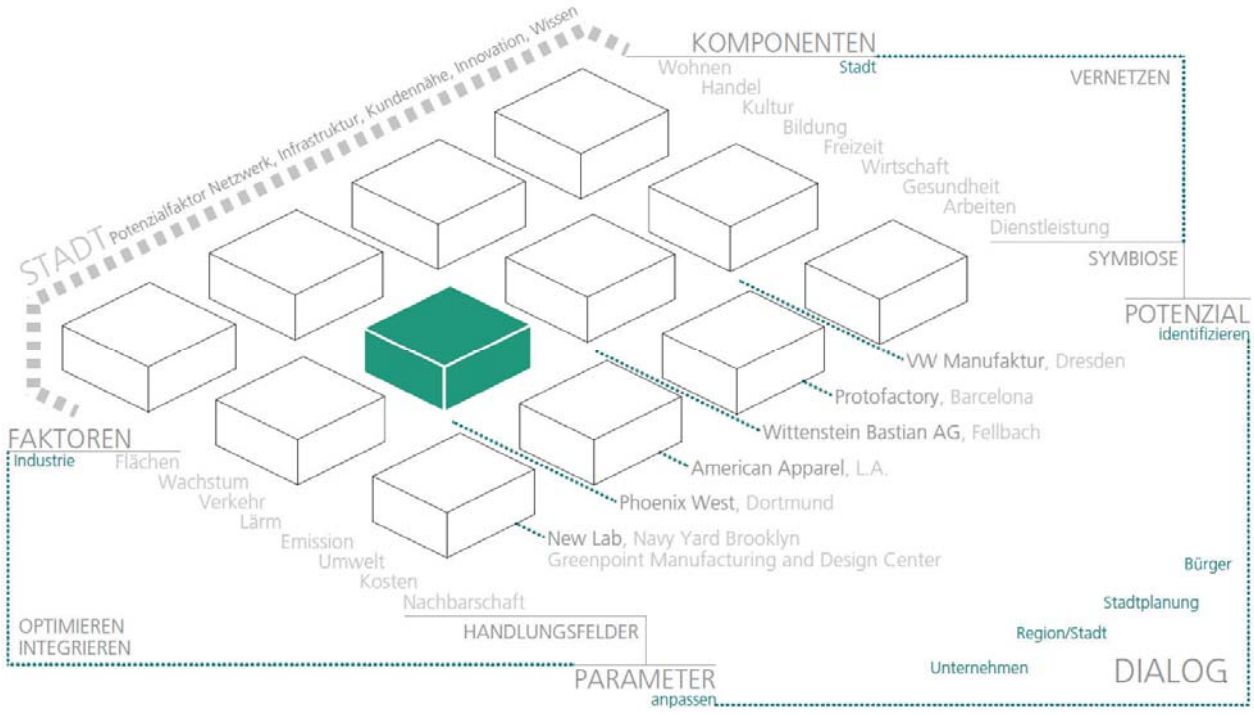


Abbildung 3 Aspekte der urbanen Produktion [1]

Die Entstehung einer urbanen Produktion kann entweder auf eine gezielte Planung eines Produktionsstandortes in ein städtisches Umfeld, oder auf ein Umwachsen bspw. einer bestehenden Fabrik durch Besiedlung zurückgeführt werden [2]. Die Produktion im urbanen Umfeld kann verschiedene Ausprägungen aufweisen und somit durch verschiedene Aspekte charakterisiert werden [1]:

- Ein historisch bedingter urbaner Standort ist dadurch gekennzeichnet, dass dieser erst mit der Zeit von der Stadt umwachsen wurde. Dabei unterscheidet man aufgrund der Wechselwirkungen zwischen Fabrik und Umfeld folgende Ansätze der urbanen Produktion:
  - Neutral (bestenfalls) – der urbane Standort findet keine weitere Berücksichtigung im Unternehmen;
  - Kommunizierend – das Unternehmen öffnet sich im Hinblick auf den Informationsfluss hin zu Bürgern, Mitarbeitern oder benachbarten Unternehmen;
  - Beitragend – das Unternehmen öffnet sich bspw. bzgl. seiner sozialen Einrichtungen gegenüber dem urbanen Umfeld (bspw. Kantine oder Kindertagesstätte für Nicht-Betriebsangehörige);
  - Partizipativ – es erfolgt eine Einbindung in Planung und Gestaltung, bspw. von Mitarbeitern in die Personaleinsatzplanung, von Bürgern in die Fabrikgestaltung oder von Partnerunternehmen in die Gestaltung von Prozessen und Produkten; dadurch werden Symbiosen ermöglicht;
- Die gezielte Errichtung einer Fabrik in einem urbanen Umfeld führt zur folgenden Kennzeichnung:
  - Die Standortwahl erfolgt v.a. zur Nutzung der Potenziale der Stadt oder zur Erschließung des entsprechenden Absatzmarktes;
  - Je nach Reifegrad: Errichtung eines urbanen Werkes seitens eines bestehenden Unternehmens oder Neugründung eines Unternehmens in einer Stadt;
  - Je nach Geschäftsmodell: Unternehmen behalten die bestehenden Geschäftsmodelle bei oder etablieren neue, bspw. unter Nutzung der aufkommenden »Sharing Economy«.

Aufgrund von Flächennutzung und -integration durch Nutzungsmischung sind folgende Ausprägungen der Systeme urbaner Produktionen möglich (vgl. Abbildung 4) [1]:

- Klassisches Werk im städtischen Umfeld: Prozesse und Logistik müssen jedoch ggf. den Anforderungen des spezifischen Umfelds gemäß weiterentwickelt und angepasst sein;
- Vertikale Produktionsflächennutzung: die tendenziell knappe Ressource Fläche wird dabei effizient genutzt und in der Vertikalen verschiedenen Unternehmensbereichen zugeordnet;
- Vertikale Nutzungsmischung: die verschiedenen Geschosse des Werkes werden auch extern zugeordnet, bspw. Wohnungen, kulturellen Einrichtungen oder sonstigen Nutzungsarten;
- Flächige Mischnutzung: auch die horizontalen Flächen werden gemischt genutzt, bspw. bei der Neugestaltung der Nutzung von Industrieflächen im urbanen Umfeld: Wohnen und Produzieren.

Abbildung 4 Ausprägungen urbaner Produktionen nach Flächennutzung und -integration [1]

Die ideale Gestaltung einer urbanen Produktion sieht Vorteile im Sinne der Nachhaltigkeit für alle Beteiligten vor. Dabei geht es um Unternehmen und Mitarbeiter, aber auch die Stadt und ihre Bürger (vgl. Abbildung 5).

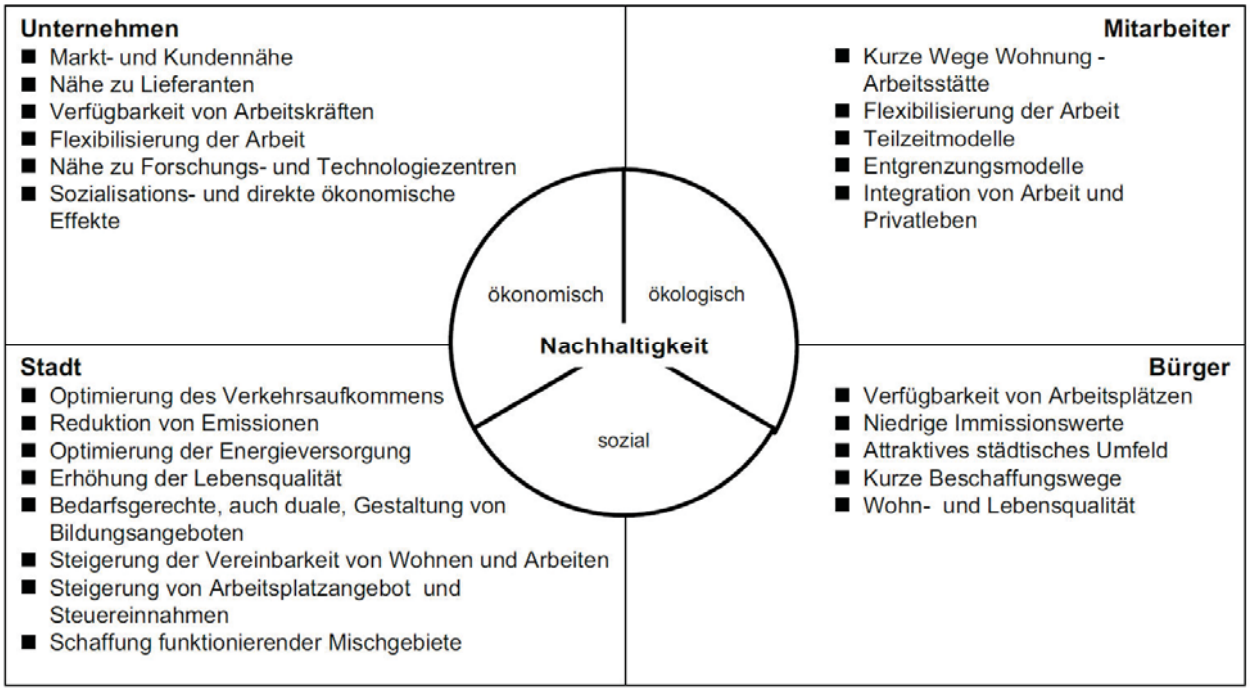


Abbildung 5 Vorteile von urbanen Produktionen für die beteiligten Akteure [1]

Die Vorteile für Unternehmen, die eine urbane Produktion betreiben, können folgend unterteilt werden [1]:

- Beschaffungsbezogene Vorteile bestehen in Bezug auf Mitarbeiter, Lieferanten, Dienstleister und Wissen; Besonders das hohe Arbeitskräftepotenzial kann so dem Fachkräftemangel begegnen;
  Die räumliche Nähe zu Lieferanten und Dienstleistern verbessert die Kommunikation und die Zusammenarbeit und kann im Fall der technologiebezogenen Kooperation eine Grundlage für Innovation darstellen;
  Die räumliche Nähe zu Forschungs- und Bildungsinstitutionen erleichtert den Zugang zu Wissen sowie zu dessen Transfer in das Unternehmen;
- Produktionsbezogene Vorteile: hohe Personalkapazitätsflexibilität durch räumliche Nähe zu den Mitarbeitern, sowie Infrastrukturvorteile für Produktion und Arbeit (bspw. führen kurze Transportwege von Zulieferteilen und Fertigprodukten zu niedrigeren Transaktionskosten);
  Die Nutzung des lokalen Images kann für ein Unternehmen oder ein Werk ausschlaggebend sein;
- Absatzbezogene Vorteile: die räumliche Nähe zum Absatzmarkt führt zu einem niedrigeren Aufwand in der Distributionslogistik und vermeidet energieintensive Transporte durch lokale Produktion; die räumliche Nähe zum Kunden kann auch dessen Einbindung in Entwicklungs-, Produktions-, Distributions-, After-Sales-, aber auch Innovationsprozesse erleichtern;
  Dezentrale Produktionsstrukturen führen zu einer erhöhten Anpassungsfähigkeit an veränderte Marktbedingungen.

Die Vorteile für Mitarbeiter beziehen sich auf die Arbeitszeitflexibilität und die daraus entstehenden neuen, flexiblen Arbeitszeitmodelle. Damit verbessert sich die Integration von Arbeit und Privatleben bzw. von Arbeit und Familie. Sogar ein neuer Ansatz zur Entgrenzung bei Erreichen der Ruhestandsaltersgrenze zur Verstetigung des Wissenstransfers von Mitarbeitern, die aus dem Berufsleben eigentlich ausgeschieden sind und jüngeren Mitarbeitern wäre denkbar. [1]
Eine Stadt profitiert von urbanen Produktionsstandorten vor allem durch die Steigerung der Lebensqualität. Konkret geht es um eine niedrigere Emissionsbelastung (Schadstoffe, Lärm) und auch optimierte Verkehrsaufkommen und Energieversorgung. Weitere Vorteile sind die Schaffung von Arbeitsplätzen, die Steigerung der Konsumkraft in der Stadt, die Verbesserung der Verfügbarkeit des Bildungsangebotes, aber auch höhere Steuereinnahmen oder die Unterstützung oder sogar Schaffung regionaler Wirtschaftskreisläufe durch Ansätze der urbanen Produktion. [1]

Urbane Produktionen können jedoch auch Nachteile haben, die größtenteils produktionsbezogen sind. Städtische Infrastrukturbedingungen können bspw. durch ein hohes Verkehrsaufkommen und somit eine schlechtere Erreichbarkeit in Ballungsräumen v.a. bei der Implementierung von Just-in-Time-Ansätzen sogar zur Beeinträchtigung der Wettbewerbsfähigkeit führen. Schlechte Flächenverfügbarkeit und hohe Mietpreise für Produktions-, Büro- und Lagerflächen führen außerdem zu hohen Fixkosten. [1]
Die Potenziale der urbanen Produktion können durch verschiedene Ansätze gehoben werden (Tabelle 1). Werke im urbanen Umfeld können in Bezug auf Flexibilität, Nachhaltigkeit, aber auch Wechselwirkungen mit ihrer Umgebung optimiert werden. Eine Mengenflexibilisierung der Produktion ist durch den Standort Stadt und den damit tendenziell kurzen Wegen für Arbeitnehmer und gegebenenfalls auch Zulieferer durchaus denkbar. [1]

Tabelle 1 Ansätze zur Hebung der Potenziale der urbanen Produktion [1]

Etablierte Ansätze	**Optimierung** ■ Produktionssystem ■ Werk in Bezug auf ■ Flexibilisierung ■ Nachhaltigkeit ■ Wechselwirkungen mit Umgebung	**Wachstum** ■ Aufbau neuer Werke ■ Erweiterung bestehender Werke	**Neuausrichtung Produktionsnetzwerk** ■ Dezentralisierung zur Marktnähe - Micro Factories ■ Zentralisierung für neutrale Vor-/Produkte - Mega-Plants
Neuere Ansätze	**Ressourcen-Sharing** Gemeinsame Nutzung von ■ bürobezogener Infrastruktur ■ Betriebsmitteln ■ Wissen und Erfahrung	**Kundenintegration** ■ Open Innovation ■ kundengetriebene oder –integrierte Produktentwicklung ■ kundenintegrierte Produktion	**Community Production** ■ Stadt und Viertel als Cluster ■ Gemeinschaft produziert

Auch für neue Werke oder im Fall der Erweiterung bestehender Standorte können Ansätze der urbanen Produktion im Sinne von stadtverträglichen Produktionen, durch Steigerung der Ressourcen- und Energieeffizienz, der Nachhaltigkeit und der Symbiose zwischen Fabrik und Umfeld, häufig ohne deutliche Mehraufwendungen, zu einer Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit führen. Eine dieser Symbiose-Formen im städtischen Umfeld ist das Ressourcen-Sharing, ein bisher wenig eingesetztes Konzept zur gemeinsamen Nutzung bspw. von bürobezogener Infrastruktur, Betriebsmitteln oder Wissen und Erfahrung. Dabei sinkt der notwendige spezifische Kapitalbedarf für entsprechende Investitionen. Auch kurze Wege zum Kunden heben die Potenziale einer urbanen Produktion, im Sinne der Kundeneinbindung in Innovationsprozesse – Open Innovation – oder in die Produktentwicklung. Damit steigt die Bindung des Kunden an das Produkt und gleichzeitig an das Unternehmen. [1]

Die These, dass Nachhaltigkeit als Treiber einer Entwicklung der Wertschöpfung in industriellen Ökosystemen fungieren kann, ist die Grundlage einer aktuellen Studie [3] mit dem Fokus auf der Analyse von unternehmensinternen Abläufen und deren regionalen Beziehungen. Durch einen methodischen Ansatz zur Modellierung des Gesamtsystems Unternehmen – Gewerbe-/Industriegebiete – Mischgebiete können synergetische Beziehungen identifiziert werden. Dabei besteht auch die Möglichkeit, bestehende lose Beziehungen zu systematisieren und zusätzlich neue Beziehungen zu etablieren. Die empfohlene Vorgehensweise zur Erreichung dieser Ziele sieht zunächst einen objektiven, transparenten Klassifizierungsansatz vor, der Unternehmen hinsichtlich ihrer potenziellen Fähigkeit als synergetischer Partner aufzutreten, kategorisieren soll. In dem zweiten Schritt wird anhand eines Congruence-Modells und der vier Hauptbewertungsbereiche Strategie, Input, Mechanismen und Output die Passbarkeit von Unternehmen vor Ort bewertet. Durch Berücksichtigung relevanter Dimensionen werden schließlich konkrete Maßnahmen definiert, die bspw. von der Anbindung an ein urbanes Zentrum bis hin zur Etablierung verschiedener Serviceangebote am Standort reichen.

Der gegenseitigen Verbundenheit von Akteuren innerhalb eines Systems *Gewerbe-* oder *Industriegebiet* wurde wissenschaftlich ein Maß zugeordnet – das sogenannte *»Nestedness«*. Dieser Ansatz, ursprünglich bei der Bewertung von Ökosystemen etabliert, wurde im Kontext von *»Eco-Industrial Parks« (EIPs)* angewendet und dessen Wert kann rechnerisch ermittelt werden. Die quantitative Verbundenheit zwischen den Institutionen eines Eco-Industrial Parks ist somit von hoher Relevanz in Bezug auf den gegenseitigen vorteilhaften Nutzen. Eco-Industrial Parks werden mitunter ausgezeichnet durch eine effiziente Rohstoffnutzung mittels Kreislaufschließung sowie einen rationalen Energieeinsatz, einschließlich der Nutzung erneuerbarer Quellen. *EIPs*, die sich in ihrem Design an dem eines *»Food Webs«* orientiert haben, zeigen positive Eigenschaften, wie bspw. reduzierte Umweltauswirkungen in Bezug auf Materialien und Energie. Bei der Analyse der *Nestedness* von *Food Webs* und *EIPs* zeichnet sich eine deutliche Differenz in der Höhe dessen Wertes ab. [4]
Aus der Entwicklung hin zu industriellen Symbiosen entwickelten sich bisher (Stand 2019) über 160 *EIPs* und urbane Produktionsstätten, bei denen ökonomische und ökologische Vorteile zum Vorschein treten [5].

Industrie- und Gewerbegebiete sind ein Schlüsselfaktor für eine wachsende Wirtschaft. Das im Sinne der Nachhaltigkeit weiterentwickelte Konzept der *»Eco-Industrial Parks« (EIPs)* wurde mittels verschiedener Treibkräfte und Ziele errichtet (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2 Treibkräfte und Ziele bei der Errichtung von »Eco-Industrial Parks« (EIPs) [6]

Regionale Wirtschaftsziele	- Anreize für Investitionen - Schaffung von Arbeitsplätzen - Generierung von Steuereinnahmen
Unternehmensziele	- Strategische Konzentration von Industrie-Branchen - Einfacher Zugang zur vor- und nachgelagerten Lieferkette - Kostensenkung durch Synergien und »Shared Services« - Erhöhte Flexibilität durch Produktion in Netzwerken - Erhöhte Gewinnmargen
Umweltziele	- Nutzung von Synergien - Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz - Gemeinsame Abwasser- und Abwasserbehandlungsanlagen - Reduzierung von Emissionen und Abfällen (Feststoffe, Abwasser, Abwärme)

Attraktive Wirtschaftsstandorte der Zukunft innerhalb von Industrie- oder Gewerbegebieten werden laut der IHK Nordschwarzwald durch zehn Kriterien bzw. Maßnahmen ausgezeichnet [7]:

1. Ein abgestimmter regionaler Prozess zur nachhaltigen Gewerbe- und Industrieflächenentwicklung sichert die Zukunftsfähigkeit des Wirtschaftsstandortes.
2. Wirtschaftliche Leitbilder der Kommune bilden verlässliche Grundlagen für langfristige Investitionsentscheidungen.
3. Interkommunale Gewerbegebiete ermöglichen eine höhere Standortqualität und wirken der Zersiedelung entgegen.
4. Frühzeitige Beteiligung aller gesellschaftlichen Gruppen schafft eine von Vertrauen und Akzeptanz getragene rechtssichere Entwicklung.
5. Flächeneffiziente Gestaltung durch bauliche Verdichtung, gemeinschaftliche Nutzungen, zentrale Einrichtungen des ruhenden Verkehrs sowie Konzentration ökologischer Flächen minimieren den Landschaftsverbrauch.
6. Nachhaltiges Bauen, optimierte Energiekonzepte und innovative Maßnahmen gewährleisten Energie- und Ressourceneffizienz.
7. Integrierte Mobilität und Logistik berücksichtigen die Anbindung an ÖPNV und zentrale Verkehrsachsen, Quartiersparkhäuser, Carsharing-Systeme und Angebote für alternativen Individualverkehr.
8. Basisangebote von Kinderbetreuung sowie Sozial-, Freizeit- und Nahversorgungseinrichtungen erhöhen die Standortattraktivität.
9. Die Einrichtung eines übergeordneten Gewerbegebietsmanagements ist für die Ziel- und Qualitätssicherung unerlässlich.
10. Die Standortqualität sowie innovative Preis-, Gebühren- und Umlagesysteme stützen die Wettbewerbsfähigkeit und haben Vorbildcharakter.

Einzelne relevante Schlüsselfaktoren, welche als Erfolgsgaranten für ein Industrie- oder Gewerbegebiet der Zukunft erachtet werden, lassen sich folgendermaßen hervorheben [7]:

- Die Transparenzschaffung seitens aller beteiligten Akteure – sowohl eine öffentlich nachvollziehbare politische Entscheidung für eine gewerbliche Ansiedlung (einschließlich der aus profitabler und sozialer Perspektive hervorzuhebenden Vorteile), als auch eine Einbeziehung der Mitarbeiter und Bürger in das Unternehmenskonzept;
  Dadurch kann das Vertrauen erhöht werden und ein daraus resultierendes gesteigertes Image kommt einer entsprechenden Standortentscheidung zugute.
- Eine Schwerpunktsetzung der Kommune für eine Profilbildung des Standortes;
  Dadurch erfahren sich ansiedelnde Unternehmen bspw. aus Standortleitfäden der Kommunen auf welche Werte und Zielsetzungen sie sich vor Ort verlassen können.
- Eine vertikale Auslegung von Fabrikgebäuden mit großer Raum- bzw. besserer Flächenausnutzung zum strategischen Vorteil für Unternehmen und Umgebung;
  Davon profitieren sowohl die Wirtschaftsakteure, als auch die Kommunen.

Dazu wurden in dem Regionalprojekt *»Gewerbegebiete 4.0 – Wettbewerbs- und zukunftsfähige Unternehmensstandorte im Bodenseeraum«* im Rahmen von Fallstudien bzw. Experteninterviews folgende Aspekte sowie Dimensionen von Gewerbegebieten der Zukunft aufgenommen [8]:

- attraktive, imageträchtige Arbeitsorte und Lebensräume;
- grüne, lebendige Orte mit einer hohen ökologischen Wertigkeit;
- multifunktional, flexibel und von adäquater Dichte;
- räumlich gut in die Stadt integriert und verkehrlich intelligent angebunden;
- Orte für Austausch, Kreativität und Innovation;
- Orte in denen möglichst wenig Auflagen unternehmerisches Handeln begrenzen.

Mit der industriellen Symbiose ist auch die Steigerung der Ressourceneffizienz sehr eng verknüpft. Aus der Motivation heraus, Reststoffe zu vermeiden, wird immer mehr und breitflächiger versucht, eine Kreislaufwirtschaft zu betreiben (vgl. Abbildung 6), die optimal durch Vernetzung, Symbiose und Technologie umgesetzt werden können.

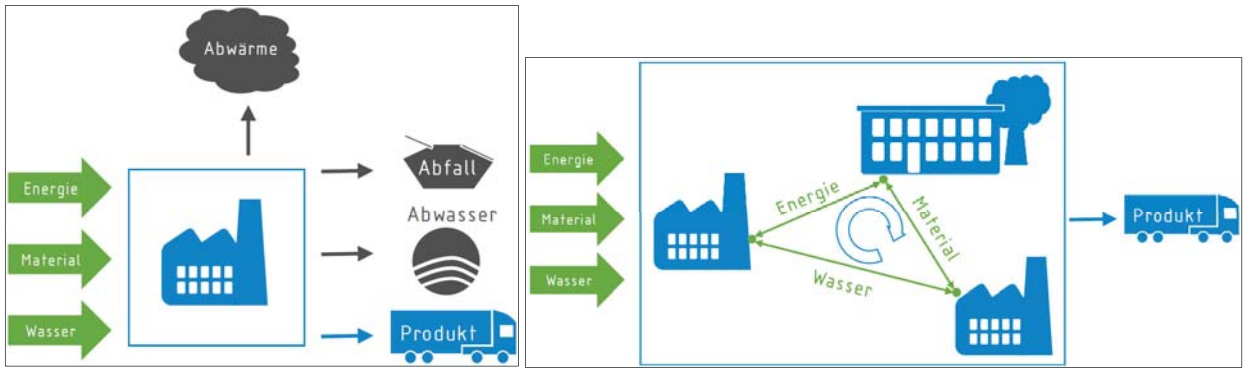


Abbildung 6 Prinzipien der linearen bzw. der auf Kreislaufwirtschaft ausgelegten Produktion [9]

Statt linearer Produktion, wird somit in Produktionssystemen der Kreislaufwirtschaft und besonders in Gewerbegebieten auch im synergetischen Austausch mit dem Umfeld gewirtschaftet. Durch diese Vernetzung entsteht eine Reihe von ökonomischen, aber auch ökologischen Vorteilen, die in einer aktuellen Studie erläutert wurden (Auszug) [9]:

Ökonomische Vorteile:

- Kostenreduktion: wirtschaftliche Vorteile durch Einsparungen für Rohstoffe, Energie, Entsorgung und der gemeinsamen Nutzung von Infrastruktur und Dienstleistungen.
- Neue Absatzmärkte: Ertragsoptimierung durch Vertrieb anfallender Nebenprodukte
- Wettbewerbsvorteile durch o.g. Vorteile, sowie durch eine Verbesserung der Außendarstellung
- Verringerung der Abhängigkeit von volatilen Märkten bzw. schwankenden Rohstoffpreisen durch einen verminderten Einsatz von Primärenergieträgern

Ökologische Vorteile:

- Einsparung (Verminderung des Abbaus durch die des Verbrauchs) natürlicher Ressourcen
- Minderung von Treibhausgasemissionen durch Ressourceneinsparung

Um eine tragfähige soziale und wirtschaftliche Entwicklung zu gewährleisten, muss die Art und Weise von Konsum und Produktion grundlegend angepasst werden. Die Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals – SDGs) der Vereinten Nationen sehen dies im Ziel 12, *»Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen«*, vor. Dieses Ziel beinhaltet elf Vorgaben mit entsprechend quantifizierbaren Indikatoren. Anhand deren konnten spezifische Handlungsfelder und -empfehlungen für effiziente und effektive Fabriken im urbanen Raum identifiziert werden (vgl. Abbildung 7). Dabei ergeben sich vielfältige Möglichkeiten hinsichtlich einer positiven Verbindung von Fabriken und Stadtquartieren, um Beiträge zu dem genannten Ziel zu leisten. [10]

Abbildung 7 Handlungsfelder urbaner Fabriken [10]

In einer aktuellen Studie, die sich mit der Identifikation von Skalen- und Synergieeffekten im überbetrieblichen Raum befasste, wurden zehn untersuchte Felder genannt, welche hinsichtlich der Vernetzung innerhalb von Gewerbegebieten von hoher Relevanz sind [11]:

1. Energieeffizienz
2. Andere Energiethemen
3. Abfälle, Abwasser Gefahrstoffe
4. Umweltschutz/-management, Klimaschutz
5. Arbeitsschutz, soziale Fragen
6. Nachhaltigkeit im Unternehmen
7. Unternehmensübergreifende Zusammenarbeit
8. Industriegebietsentwicklung und Infrastruktur
9. Verkehr und Logistik
10. Sonstige Sachthemen
11. Regelmäßiger Erfahrungsaustausch

Im Rahmen der Studie wurden zwei konkrete Industriegebiete in Baden-Württemberg über eine datenbankbasierte Top-Down-Strategie untersucht, wobei verschiedene Maßnahmen zur Steigerung der Gesamteffizienz am Standort identifiziert wurden. Die Bereiche mit den höchsten Potenzialen sind dabei die Schließung von industriellen Stoffkreisläufen (Wasserkreislaufführung, Recycling von Abfällen, symbiotische Nutzung von Produktions- und Konsumabfällen), sowie betriebsübergreifende Erzeugung und Einsatz von Strom, Gas, Druckluft, Dampf und Abwärme. [11]

Die Räumliche Nähe von Unternehmen und eine ggf. hohe Heterogenität innerhalb von Industriegebieten bieten eine vorteilhafte Ausgangslage für einen Materialaustausch innerhalb dieser Standorte. Reststoffe, die in der Regel bei der Produktion in einem Unternehmen anfallen und diesem evtl. Kosten für die Entsorgung verursachen, kann oft potenziell wieder als wertvoller Ausgangsstoff in einem benachbarten Gewerbe eingesetzt werden. Somit bieten bestimmte Reststoffe ein bestimmtes Wertpotenzial. Werden Quantität und Qualität dieser Stoffe genau erfasst, erhalten mögliche Abnehmer eine Entscheidungsgrundlage darüber, ob diese Reststoffe als Ausgangsstoffe für sie eine wirtschaftliche Möglichkeit darstellen.
Auch im Bereich der Energieversorgung für Gewerbe- und Industriegebiete bestehen hohe Potenziale zur Aufstellung von industriellen Symbiosen bzw. zur gesamtheitlichen Steigerung der Energieeffizienz solcher Standorte. Um ein gemeinsames Energiekonzept für ein bestehendes Gewerbegebiet bspw. zu entwerfen, muss zunächst eine Ist-Zustandsanalyse von Energiebedarf und -verfügbarkeit (erneuerbare Energiequellen, Abwärme sowie ggf. Überschussstrom vor Ort), Energieinfrastruktur und Potenzialen durchgeführt werden. Als wertvolle Möglichkeit der Vernetzung gilt auch hier das urbane Umfeld. Energieüberschüsse können potenziell in das öffentliche Netz bzw. das Nah- & Fernwärmenetz eingespeist werden.
Potenziale zum Aufbau von Synergien in der Vernetzung von Industrie- und Wohngebieten werden schließlich hauptsächlich in den Bereichen Energie und Fläche als relevant erachtet. Darüber hinaus müssen für eine konfliktfreie Zusammenarbeit zwischen diesen urbanen räumen primär alle Arten von Emissionen, insbesondere Schall und klimaschädlicher Art, sowie das Verkehrsaufkommen auf ein größtmögliches reduziert werden. [9]

Ziel des aktuell laufenden EU-Projektes *»S-Parcs«* (2018-2021) ist es, die Energiekosten und den Energieverbrauch in Industriegebieten durch verbesserte Energiekooperationen und gleichzeitig gesteigerten Erzeugung erneuerbarer Energien vor Ort zu senken. Die Vorabbewertung der sieben untersuchten Leuchtturm-Industriegebieten aus Österreich, Italien, Portugal und Spanien hat ein hohes Potenzial für gemeinsame Energiemaßnahmen gezeigt. Viele davon sind auf die Gemeinschaft der Follower von *»S-Parcs«* in Österreich, Italien, Norwegen, Portugal, Russland, Schweden, der Türkei und dem Vereinigten Königreich übertragbar. [12]

Die Sektorenkopplung und die Optimierung von Stoffströmen wurden bisher in lokalen Managementsystemen von Städten nicht besonders etabliert. Auf Gemeindeebene sind diese hingegen schon fortschrittlicher im Ausbau bspw. der Kreislaufwirtschaft. Dabei soll der Fokus insbesondere auf Stoffströme mit großer Auswirkung auf Wirtschaft und Umwelt gelegt werden: Stoffströme mit hoher CO_2-Auswirkung, großer Durchflussmenge, ökologisch bedenkliche, aber auch kritische Stoffe, wie bspw. seltene Erden oder Phosphor.
In dieser Hinsicht wurden im Rahmen eines aktuellen Berichtes Empfehlungen auf kommunaler Ebene formuliert, um die Steigerung der Ressourceneffizienz voranzutreiben [13]:

- Um notwendige Rahmenbedingungen und zwingende Vorgaben auf kommunaler Ebene ableiten zu können, sollen auf übergeordneter Ebene spezifische politische Zielsetzungen für Ressourcenschutz und -effizienz verbindlich festgelegt werden.
- Ressourceneffiziente Produktion kann durch die Politik stärker auf der lokalen Ebene durch Bildungs- und Informationsinstrumente für kommunale Entscheider, Verwaltung, Unternehmen und zivilgesellschaftliche Akteure verankert werden.
- Förderung einer zentralen Kontakt- bzw. Koordinierungsstelle Ressourceneffizienz;
- Begünstigung der Ansiedlung von nachhaltigkeitsorientierten Unternehmen.

Ebenfalls auf regionaler und kommunaler Ebene kann Einfluss auf die Optimierung von Stoffkreisläufen genommen werden. Hierbei kann die allgemeine Vorgehensweise zur Umsetzung bestimmter Optimierungsmaßnahmen folgend beschrieben werden [13]:

- Prüfung der Möglichkeit des Einsatzes eines Ressourcenmanagers vor Ort;
- Ist-Zustandsanalyse der bestehenden Stoffströme in den Bereichen Bauabfälle, Flächen, Konsumgüter und Finanzen – Identifikation der relevanten Institutionen vor Ort;
- Definition von Zielen und Entwurf eines Handlungsplans.

Viele Chancen und Herausforderungen bei der Erschließung von Ressourceneffizienzpotenzialen liegen auf verschiedenen lokalen Ebenen, aber oft genau an den entsprechenden Schnittstellen (vgl. Abbildung 8).

Abbildung 8 Chancen und Herausforderungen zur Erschließung von Ressourceneffizienzpotenzialen [9]

Um auf diesen Ebenen die Suche nach passenden Partnern zum Aufbau von industriellen Symbiosen zu erleichtern, gibt es verschiedene verfügbare Methoden und digitale Plattformen. Bei Letzteren wurde aus wissenschaftlichem Gesichtspunkt noch ein wichtiger Bedarf identifiziert: die ganzheitliche Erfassung des ökologischen Nutzens durch den existierenden Austausch zwischen den Interessensvertretern.
Des Weiteren ist die Lebenszyklusanalyse eine international standardisierte und etablierte Methode, um Umwelteinflüsse von industriellen Produkten zu quantifizieren. Deren Weiterentwicklung auf höherer Ebene spiegelt sich in dem Werkzeug *»Industrial Symbiosis-Life Cycle Analysis (IS-LCA)«* wider. Die Zielgruppe der Anwender für das Softwaretool sind Politiker, Stadtplaner, sowie individuelle Produktions- und Recycling-Akteure innerhalb der Systemgrenzen einer industriellen Symbiose. Die Kollaborationsplattform dient als Werkzeug zur Förderung der Identifikation von *»Waste-to-Resource«*-Potenzialen. [5]

Übergeordnet wurde darüber hinaus im Rahmen des DFG-Forschungsprojekts „MetroPlant" ein integrierter Planungsansatz zur betrieblichen Standortplanung und -entwicklung unter Berücksichtigung kommunaler Standortentwicklungen in Metropolregionen aufgestellt. Das Ergebnis beinhaltet u.a. einen umfassenden Maßnahmenkatalog zur Entwicklung regionaler Standortfaktoren. Exemplarisch zeigt Abbildung 9 einen Ausschnitt mit Maßnahmen zur Entwicklung der Flächenverfügbarkeit. [14]

		Entwicklungsmaßnahmen	
Cluster	**Standortfaktor**	**Unternehmen**	**Kommunen/Wirtschaftsförderer**
Kommunal-politik	Verfügbarkeit von Gewerbe- und Industrie-flächen	▪ Kommunikation von Bedarfen an Kommunen	▪ Flächenrevitalisierung und -innenausbau ▪ Gewerbeflächen-Monitoring (z.B. Matching von Angebot/Nachfrage) ▪ Flächenerweiterungen (z.B. interkommunale Gewerbegebiete) ▪ Bedürfnisanpassung ▪ Änderung von Bebauungsplänen ▪ Flächenkauf und -verkauf

Abbildung 9 Maßnahmen zur Entwicklung der Flächenverfügbarkeit [14]

2.2 Best-Practice-Beispiele

Die Umsetzung neuer, innovativer Nutzungskonzepte für Infrastrukturen von urbanen Produktionen wird oft durch neu entstehende Branchen ermöglicht.
Ein Beispiel dafür ist das *Greenpoint Manufacturing & Design Center (GMC)* in New York, USA. Dort beschäftigen rund 100 Klein- und mittelständische Unternehmen über 500 Mitarbeitende. Die Besonderheit des Standortes besteht in der Ergänzung der Kompetenzen der ansässigen Handwerker, Unternehmen der Kreativwirtschaft, aber auch Produktionsbetriebe entlang der Wertschöpfungskette von kundenindividuellen, häufig designorientierten Produkten. [15]
Ein weiteres urbanes Gründerzentrum mit besonderer Berücksichtigung der Produktion ist das *New Lab*, das ebenfalls in New York, USA, entstand. Dort wurde der bekannte Co-Working-Ansatz hin zur gemeinsamen Nutzung von Produktionseinrichtungen erweitert. [16]
Auch für Unternehmen außerhalb von Gründerzentren schafft das Innovationspotenzial im städtischen Umfeld sehr gute Möglichkeiten. *American Apparel*, ein Bekleidungshersteller mit über 10.000 Mitarbeitern, beschäftigt den Großteil davon am Stammsitz in der Innenstadt von Los Angeles. Das Firmengebäude beherbergt alle wichtigen Unternehmensfunktionen unter einem Dach: Entwicklung, Design, Produktion, Marketing, Vertrieb und Verwaltung (vgl. Abbildung 10) [17].

Abbildung 10 Beispiel für eine vertikale Flächennutzung (Produktionsbereiche farblich hinterlegt) [1]

Ein weiteres Unternehmen mit städtischer Zielgruppe ist der Taschenhersteller *Rickshaw*, das designorientierte Produkte mitten in der Stadt herstellt. Für Rickshaw stellen das städtische Umfeld und dessen kreative Energie den wesentlichen Ausgangspunkt seiner Geschäftsaktivitäten. [18]
Die Realisierung des Co-Produktionskonzepts kann beispielhaft beim Unternehmen *TechShop* visualisiert werden. Es bietet nicht nur die Nutzung von Maschinen und Anlagen, sondern hat den bekannten Ansatz der »Mietwerkstatt« erweitert und begleitet beratend sogar potenzielle Unternehmensgründer von der ersten Idee bis zur Kleinserie. [19]

Das wegweisende Beispiel für eine industrielle Symbiose in der Fachliteratur zu industrieller Ökologie stellt der Komplex der industriellen Symbiose in Kalundborg, Dänemark. Die Entwicklung der industriellen Symbiose in der dänischen Stadt wurde als evolutionärer Prozess beschrieben, in dem sich der Austausch einer Reihe von unabhängigen Nebenprodukten allmählich zu einem komplexen Geflecht symbiotischer Interaktionen zwischen fünf benachbarten Unternehmen und der Kommune entwickelt hat. Die unternehmensübergreifenden Verbindungen begannen vor Jahrzehnten – ungeplant. Ab 1961 wurden gemeinsam genutzte Wasserleitungen gebaut und von 1975 bis 1985 wurden sechs neue Teilprojekte realisiert. Durch neue Umweltgesetze infolge der Ölkrise in den 1970er Jahren wurde eine Verbindung zwischen der Zementindustrie und einem Kohlekraftwerk hergestellt. Die umweltschädliche Flugasche aus dem Kraftwerk wurde für die Zementherstellung verwendet. In der Zwischenzeit wird bewusst auf solche Verbindungen gesetzt, insbesondere im Interesse der wirtschaftlichen Vorteile. Zu den Unternehmen, die an der industriellen Symbiose beteiligt sind, gehören ein Kraftwerk mit einer Leistung von 1.300 MW (Asnæs), eine Ölraffinerie (Statoil A/S), ein Biotech- und Pharmaunternehmen (Novo Group), ein Gipskartonhersteller (Gyproc Nordic East) und ein Bodensanierungsunternehmen (Soilrem A/S). Wie in Abbildung 11 dargestellt, basieren die verschiedenen Stoffströme zwischen den Unternehmen entweder auf Wasser, Abfall oder Energieaustausch. Insgesamt zählt der Austausch in der industriellen Symbiose in Kalundborg – je nach Definition – etwa 20 verschiedene Nebenprodukte im Betrieb, eine Reihe von

potenziellen Projekten und eine Reihe von Projekten, die im Zuge der Entwicklung von Märkten und technologischen Innovationen beendet wurden. Kalundborg kann durch die vielen Maßnahmen der industriellen Symbiose jährlich ca. 3 Millionen m³ Wasser, 150.000 Tonnen Naturgips und 240.000 Tonnen CO_2 einsparen. Insgesamt gaben die Unternehmen rund 60 Millionen US-Dollar für den Ausbau der neuen Materialinfrastruktur aus. Der jährliche Umsatz wird auf ca. 10 Millionen US-Dollar geschätzt und die durchschnittliche Amortisationszeit beträgt fünf Jahre. [20] [9]

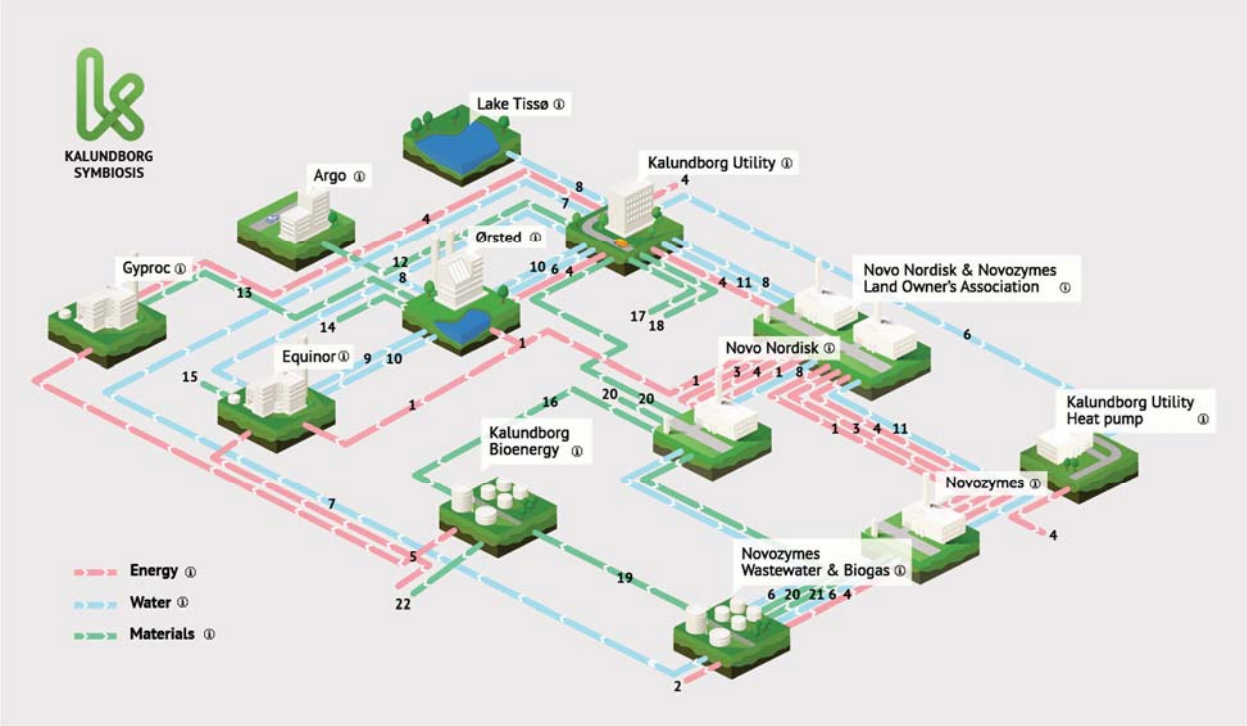


Abbildung 11 Komplex der industriellen Symbiose in Kalundborg, Dänemark [21]

Nach dem dänischen Vorbild wurde 1996 in Heidelberg das deutsche Projekt »*Verwertungsnetzwerk Pfaffengrund*« gestartet. Es umfasst eine Fläche von ca. 93 ha mit 45 Unternehmen und 7.500 Mitarbeitern. Wellpappe, Holzpaletten und Polyethylen-Abfälle werden intern wiederverwendet, während Leuchtstoffröhrenabfälle gemeinsam entsorgt werden. [9]

Ein weiteres deutsches Best-Practice-Beispiel, für eine urbane Produktion, entstand in Dortmund auf einer zentrumsnahen Brache durch eine neue Mischnutzung des *PHOENIX Areals Dortmund* (vgl. Abbildung 12). [22]

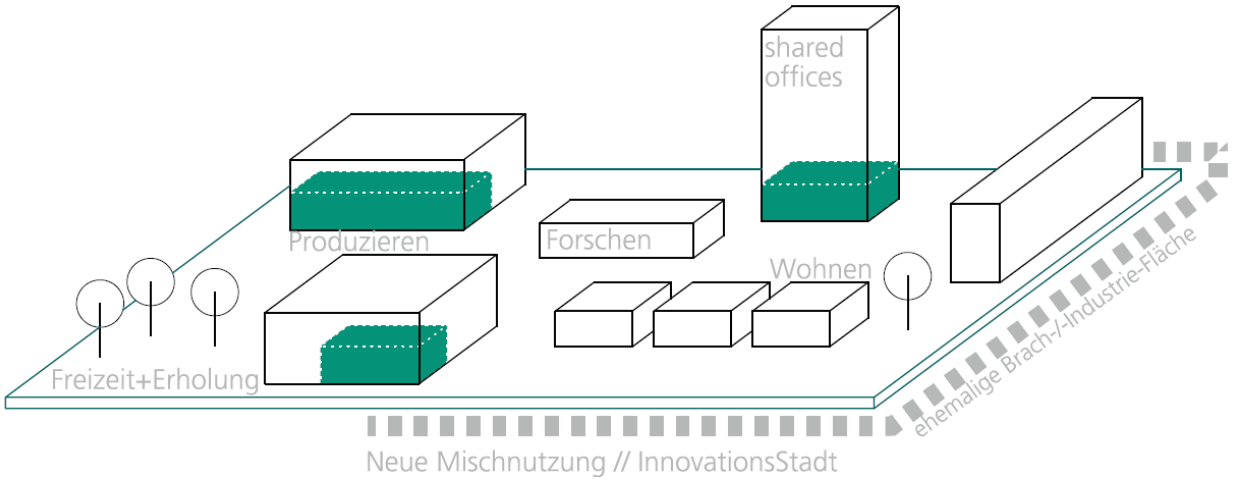


Abbildung 12 Mischnutzung einer zentrumsnahen Industriebrache in Dortmund [1]

Die Volkswagen AG produziert in Dresden u.a. Premiumfahrzeuge und hatte sich für einen Standort mitten in der Stadt aufgrund der sozialen Verantwortung des Unternehmens sowie des Images der Stadt entschieden (vgl. Abbildung 13). Die Nachteile des Standorts wurden dabei in Kauf genommen und ein Logistikzentrum am Stadtrand gebaut, um dann doch von der städtischen Infrastruktur profitieren zu können – die Belieferung findet mittels der Güterstraßenbahn CarGoTram statt. [23]

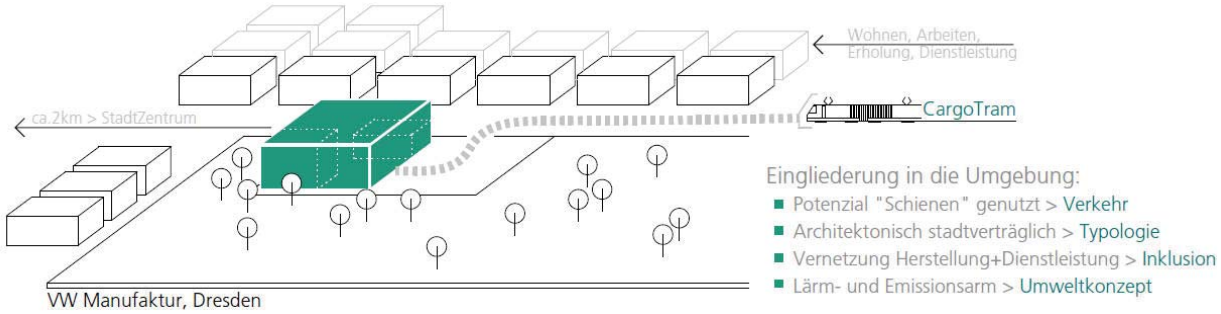


Abbildung 13 Gläserne Manufaktur in Dresden [1]

Das Vorreiter-Beispiel aus Baden-Württemberg für eine Produktion im städtischen Umfeld ist ein neuer Standort der WITTENSTEIN bastian GmbH in Fellbach. Der städtische Werksneubau entstand in 300 Metern Entfernung in Luftlinie zum bestehenden Standort. Das neue Werk liegt in direkter Nachbarschaft zu einer Passivhaussiedlung und nutzt die Vorteile der urbanen Produktion: Verfügbarkeit von qualifiziertem Personal, hohe Lebensqualität, kurze Wege zur Arbeit und ausgezeichnete Anbindung an den öffentlichen Personennahverkehr (vgl. Abbildung 14). Die Integration in das Umfeld spielte bei der Planung und Realisierung des Standortes eine wichtige Rolle. Es gibt somit von Mitarbeitern und Anwohnern gemeinsam nutzbare Einrichtungen wie ein Biotop, einen Spielplatz und Stromtankstellen. Lärmreduktion am Entstehungsort und Lärmschutzmaßnahmen, sowie weitere zukunftsweisende Lösungen in den Bereichen Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und Industrie 4.0 runden das Profil des Standortes ab. [24]

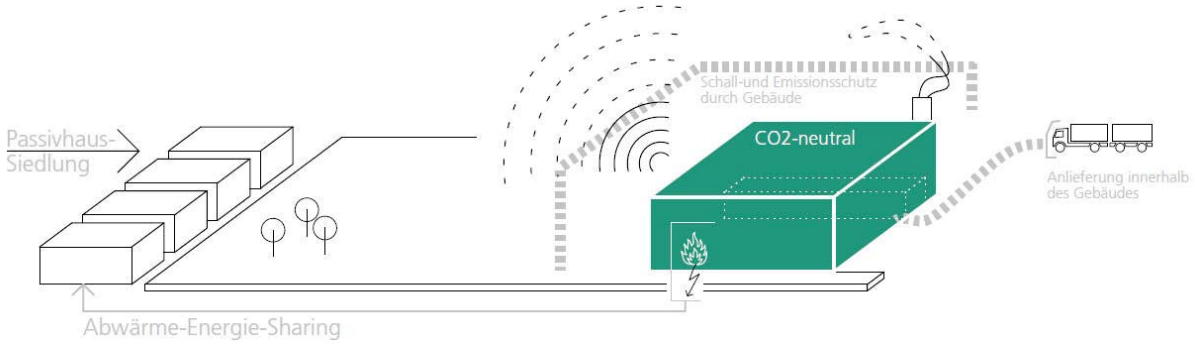


Abbildung 14 Urbanes Werk der WITTENSTEIN bastian GmbH in Fellbach [1]

Für ressourceneffiziente Gewerbegebiete, zu denen das VDI Zentrum für Ressourceneffizienz sechs Themenbereiche – Allgemeines, Energie, Material, Wasser, Fläche und Biodiversität – definiert hat, liefert die genannte Institution Informationen zu guter Praxis, Umsetzungsbeispielen in Deutschland, sowie auch zu laufenden und abgeschlossenen Projekten. Die beschriebenen, übergeordneten Handlungsfelder sind [25]:

- Brachflächen revitalisieren
- Effiziente Flächennutzung
- Gemeinsame Nutzung von Einrichtungen
- Infrastrukturflächen

Ebenfalls ein Leuchtturmprojekt in diesem Forschungsbereich wurde im Rahmen der Initiative *»Energiewende Bauen«* vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert und nannte sich *»Ressourceneffiziente Fabriken in der Stadt«*. Ein Verbund aus Universitäten und Unternehmen erforschte dabei die Anwendung eines sehr breiten Methoden- und Technologieansatzes zur Verbrauchssenkung und Vernetzung unterschiedlicher Akteure im urbanen Kontext. [26]

Auch im Bereich der *Eco-Industrial Parks* gibt es in Baden-Württemberg einige Best-Practice-Standorte. Innerhalb einer einzelnen Branche gibt es in der chemischen Industrie u.a. bei BASF oder im Industriepark Hoechst erfolgreiche Beispiele. In Heidelberg liegen darüber hinaus auch schon erste Erfahrungen für eine Stoffstromoptimierung vor. Auch die Analyse des Industriegebietes Freiburg Nord ist bereits fortgeschritten. Am südlichen Oberrhein sollen im Rahmen eines Leuchtturmprojektes mehrere Gewerbegebiete energieeffizienter werden. Auch andere Kommunen, wie bspw. Ludwigsburg und Karlsruhe verfolgen ähnliche Ziele. Des Weiteren wird in Sindelfingen versucht, bei der Ansiedlung von Unternehmen innerhalb eines sich in Planung befindlichen Gewerbegebietes geschlossene Stoff- und Energieströme zu berücksichtigen.
Trotz alledem fehlt es in der Umsetzung in Baden-Württemberg an praktischen Erfahrungen und damit an weiteren Best-Practice-Beispielen bei der Vernetzung von industriellen bzw. Gewerbeansiedlungen. Ebenfalls nachträgliche Vernetzungen von Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen in bestehenden Industrie- und Gewerbegebieten sind rare Erscheinungen. Die Akteursplattform Baden-Württemberg hat dafür die Empfehlung formuliert, solche verstärkt entstehenden Ansätze von in erster Linie lokalen Initiativen gefördert zu werden. Durch Umsetzung von Pilotprojekten könnten universelle Erfolgskriterien abgeleitet und damit eine Breitenwirkung angestrebt werden. [27]

3 Symbiose-Effekte durch unternehmensübergreifende Kreisläufe und Integration in das urbane Umfeld

Die Erweiterung der »Ultraeffizienzfabrik im urbanen Umfeld« verfolgt zur zielgerichteten Ausweisung von stadtnahen Industriestandorten im Sinne einer zukunftsfähigen Stadt-Gemeindeentwicklung die Identifikation möglicher unternehmensübergreifender Synergieeffekte sowie die Untersuchung der Integration von Produktionsstandorten in ihr urbanes Umfeld. Die sich daraus ergebenen Erkenntnisse stellen die Grundlage für die Aufstellung eines ganzheitlichen Konzepts zum Aufbau stadtnaher Industriestandorte im Sinne der Ultraeffizienz dar.
Das Vorgehen basiert auf einer methodisch strukturierten Herangehensweise, die in diesem Kapitel beschrieben wird bzw. in Abbildung 15 schematisch dargestellt ist. Zeitgleich zur Erstellung der Klassifikation urbaner Produktionen – eine Darstellung des aktuellen Stands der Technik und der Wissenschaft zu dieser zukunftsrelevanten Thematik –, wurden geeignete Gewerbe- und Industriegebiete sowie Kommunen in Baden-Württemberg zur Aufstellung eines ganzheitlichen Konzepts zum Aufbau stadtnaher Industriestandorte im Sinne der Ultraeffizienz identifiziert. Während dieser Aktivitäten fanden drei Round-Tables an entsprechend ausgewählten Standorten statt bzw. wurden dafür drei Standort-Steckbriefe erstellt. Für den darauf basierend final ausgewählten Standort wurden im Anschluss bestehende und potenzielle Symbiose-Effekte definiert, beschrieben und bewertet. Die folgenden Unterkapitel beschreiben im Detail dieses Vorgehen.

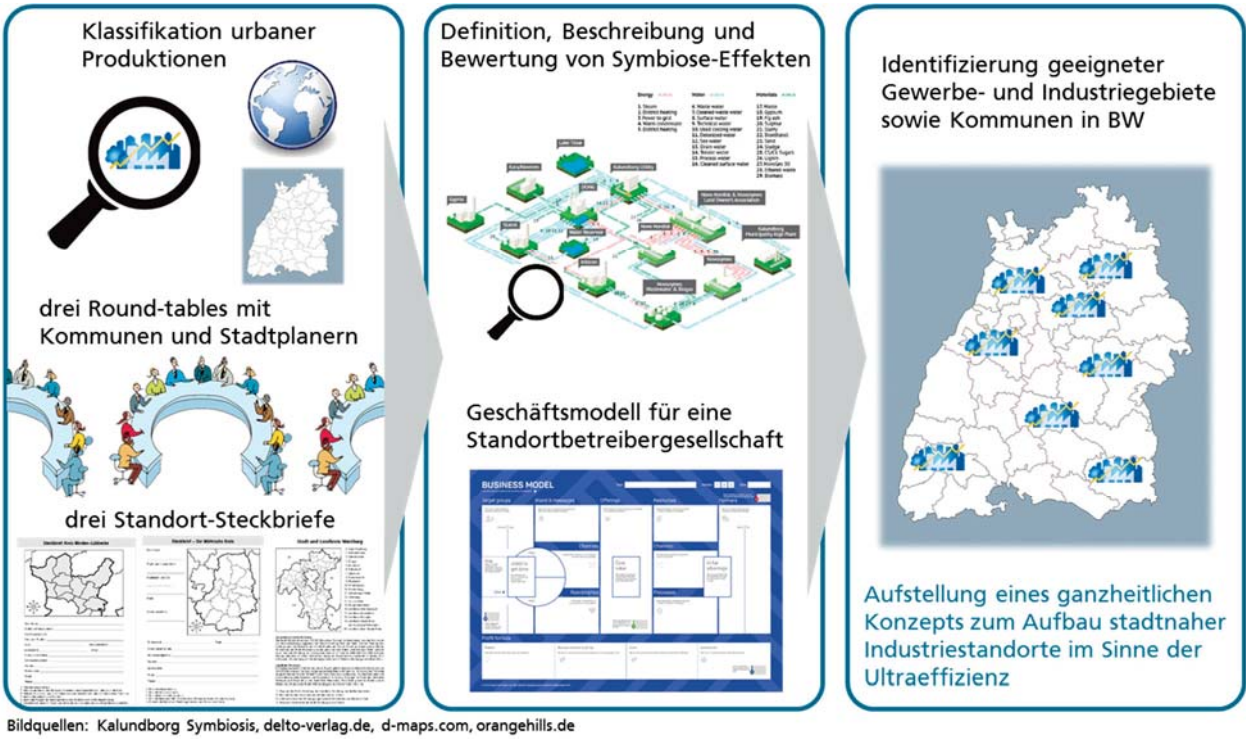


Abbildung 15 Gesamtvorgehen »Ausarbeitung von Anforderungsprofilen an Ultraeffizienzfabriken zum Aufbau stadtnaher Industriegebiete«

3.1 Vorgehensbeschreibung zur Identifikation von Symbiose-Effekten

Entsprechend der Zielsetzung wurden zeitgleich zur Aufstellung der theoretischen Grundlagen (vgl. Kapitel 2), geeignete Gewerbe- und Industriegebiete sowie Kommunen in Baden-Württemberg zum Aufbau eines modellhaften Ultraeffizienz-Standortes mittels eines strukturierten Verfahrens identifiziert. Um dabei optimale Ergebnisse zu erzielen, wurde die Auswahl von Kommunen und Industriegebieten in Form eines Wettbewerbs in Baden-Württemberg gestaltet. Der Start des Wettbewerbs stellte eine seitens der drei beteiligten Fraunhofer-Institute am 15. Mai 2018 veröffentlichte Pressemitteilung dar (vgl. Anhang). Die Informationen wurden

außerdem durch verschiedene weitere Kanäle im Land verbreitet – Webseite des Fraunhofer IPA, Webseite des Projektes »Ultraeffizienzfabrik«, ein Blog-Beitrag des Fraunhofer IAO, sowie eine direkte Mailing-Aktion des Fraunhofer IPA an einen Verteiler mit rund 800 Adressen von Unternehmen, Verbänden, Wirtschaftsförderer, Agenturen, und anderen relevanten Institutionen aus Baden-Württemberg.
Daraufhin konnten sich Kommunen und Unternehmen aus Baden-Württemberg zunächst bis zum 15. Juni 2018 mittels eines dafür aufgestellten Fragebogens (vgl. Anhang) bewerben. Grundlage für diesen Fragebogen stellte ein aufgrund der Ergebnisse der vorhergehenden Projektphasen aufgestellter Kriterienkatalog für »ultraeffiziente urbane Industriegebiete« dar (vgl. Tabelle 3). Um eine solide Basis für die Standortauswahl zu gewährleisten, wurde die Rückmeldefrist anschließend bis zum 29. Juni 2018 verlängert.

Tabelle 3 Kriterienkatalog für »ultraeffiziente urbane Industriegebiete«

Kriterien - übergeordnet	Teilkriterien	Zielwert	Gewichtung	Fragen (Bewerbungsbogen)
Statistische Werte	Anzahl Unternehmen	> 10	1,0%	Frage 1.3
	Branche	BW relevant	2,0%	Frage 1.4
	Gesamtfläche	> 10 ha	1,0%	Frage 1.5
	Mitarbeiterzahl	> 1.000	1,0%	Frage 1.6
Urbanität	Entfernung zur nächstgelegenen Wohnsiedlung	bis 1 km	10,0%	Frage 1.7
	architektonische (visuelle) Integration der Gebäude in das urbane Umfeld	'ja'	2,5%	Frage 2.8
	Steigerung der Grundflächeneffizienz bzw. Optimierung der Fabrikstrukturen (vert. Produktionsflächennutzung oder horizontale / vertikale Mischnutzung)	'ja'	2,5%	Frage 2.9
Weiche Faktoren	Besondere Prägung / Profil der Ortschaft oder Region	gegeben	2,5%	Frage 1.8
	Besonderheiten im Bereich der stadtnahen Ultraeffizienz	gegeben	2,5%	Frage 2.11
Material	Robustheit / (lokale) Verfügbarkeit von Ressourcen	'ja'	7,5%	Frage 2.1
	Realisierung von Stoffkreisläufen	'ja'	7,5%	Frage 2.2
Energie	Realisierung von Energieverbünden	'ja'	15,0%	Frage 2.3
Emissionen	Emissionsverringerung aufgrund der Stadtnähe	'ja'	7,5%	Frage 2.4
	Gemeinschaftliche Behandlung / Nutzung von Emissionen	'ja'	7,5%	Frage 2.5
Mensch / Personal	Existenz von sozialen Einrichtungen	'ja'	7,5%	Frage 2.6
	Realisierung einer flexiblen, kooperativen Personaleinsatzplanung	'ja'	7,5%	Frage 2.7
Organisation	innovative Geschäftsmodelle (an der Schnittstelle zum urbanen Umfeld)	'ja'	15,0%	Frage 2.10
		Summe:	100,0%	

Bis zum letzteren Datum bewarben sich somit elf Kommunen bzw. Industriegebiete aus Baden-Württemberg. Im Anschluss bewerteten die Fraunhofer-Experten die eingegangenen Bewerbungen systematisch, mittels des o.g. Kriterienkatalogs. Basierend auf den Angaben der jeweiligen Standortvertreter sowie der angesetzten Zielwerte und Gewichtungen der einzelnen Kriterien und Teilkriterien der Ultraeffizienzfabrik, konnten in einer Vorauswahl drei bestehende und ein sich in Planung befindlicher Standort in Baden-Württemberg für die weiteren Untersuchungen ausgewählt werden. Diese sind, in chronologischer Reihenfolge der eingegangenen Bewerbungen:

- Rheinfelden (Baden): Industriegebiet Rheinfelden und Industriegebiet Herten West
  Aufgrund der räumlichen Nähe (ca. 5 km), sowie der Standortvertretung in Personalunion wurden diese zwei Standorte als eine Bewerbung zusammengefasst.
- GewerbePark Breisgau
- Industriepark Nagold Gäu – INGpark
- Innovationspark Schießacker-Heuwies Schramberg, geplanter Standort

Im Nachgang der bewusst sehr schlank gehaltenen ersten Bewerbungsphase erhielten die in die engere Auswahl gelangten Standorte eine detailliertere Informationsanfrage (vgl. Anhang). Ziel dabei war, möglichst genau den Zustand der jeweiligen Industriegebiete bzgl. ihrer Effizienz aufzunehmen, um für die weiteren geplanten Untersuchungen den am besten geeigneten Standort in Baden-Württemberg zum Aufbau eines modellhaften Ultraeffizienz-Standorts identifizieren zu können. Dies wurde folgend definiert: ein Industriegebiet, das bereits eine sehr hohe und über alle fünf Handlungsfelder der Ultraeffizienzfabrik hinweg gleichmäßige Effizienz aufweist, jedoch noch ein hohes Potenzial für weitere Maßnahmen zur Effizienzsteigerung an der Schnittstelle zum urbanen Umfeld aufweist.

Mit dem Ziel, das somit am besten geeignete Industriegebiet zu identifizieren, wurden im weiteren Verlauf der Untersuchungen, entsprechend dem festgelegten Projektplan, Round-Table-Workshops mit Vertretern der in die engere Auswahl gelangten Standorte organisiert (vgl. Abbildung 16).

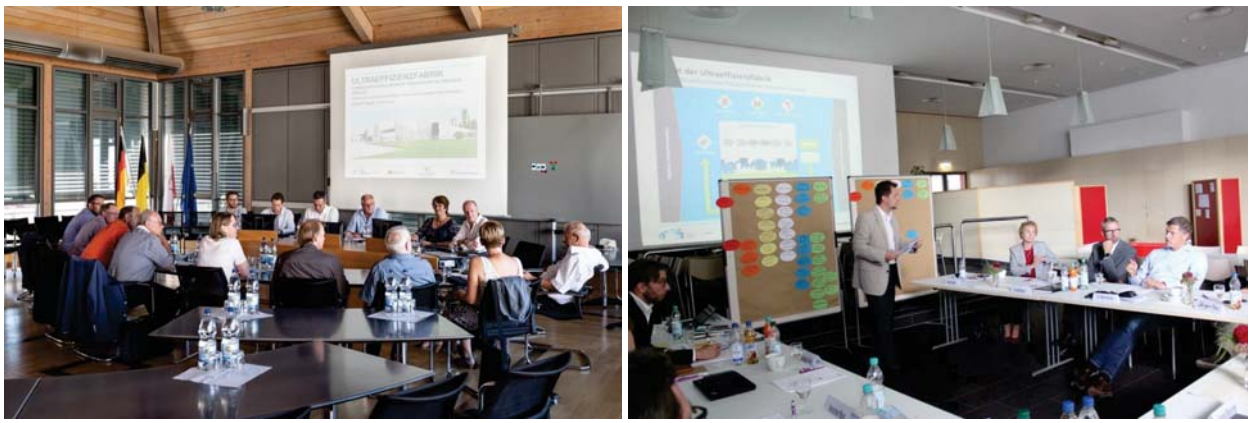


Abbildung 16 Round-Table-Workshops an ausgewählten Industriegebietsstandorten in Baden-Württemberg

Die Grundlage dieser Termine bildeten die jeweiligen Rückmeldungen der Standortvertreter zu den detaillierteren Informationsanfragen der Fraunhofer-Experten. Zur Unterstützung der Zustandsaufnahme bzgl. der Standort-Effizienz, fanden zudem gezielte Vorträge der Standortvertreter sowie Gespräche mit allen Workshop-Teilnehmern statt – Wirtschaftsförderern, Stadtplanern, Architekten, Fabrikplanern, Energiedienstleistern, Vertretern von ansässigen Unternehmen, Verbänden, Energieversorgern und anderen relevanten Stakeholdern. Im Verlauf der Diskussionen konnten die Standortvertreter außerdem auch die aufgestellten theoretischen Grundlagen zu urbanen Produktionen (vgl. Kapitel 2) validieren. Darüber hinaus wurden im Rahmen der Round-Tables ebenfalls Anforderungen seitens der Kommunen an eine ultraeffiziente Standortplanung zur Steigerung der Akzeptanz des urbanen Umfelds aufgenommen. Dies erfolgte als Formulierung von Zielanforderungen, die man an jedem der untersuchten Standorte zu jeweils allen fünf Ultraeffizienz-Handlungsfeldern gesetzt hat.
Die Workshops an den jeweiligen Standorten fanden folgend statt:

- 06.09.2018 – GewerbePark Breisgau, Eschbach, 10 Teilnehmer
- 11.09.2018 – Industriepark Nagold Gäu INGpark, Nagold, 15 Teilnehmer
- 24.09.2018 – Industriegebiete Rheinfelden und Herten West, Rheinfelden (Baden), 16 Teilnehmer
- 21.01.2019 – Innovationspark Schießacker-Heuwies, Schramberg, 19 Teilnehmer

An zwei der ausgewählten Standorte konnten die Fraunhofer-Experten zudem die Industriegebiete und somit die späteren möglichen Forschungsobjekte auch besichtigen und dabei nähere Zustandsaufnahmen machen (vgl. Abbildung 17).

Abbildung 17 Besichtigungen einiger ausgewählter Industriegebietsstandorte in Baden-Württemberg

Schon während der Round-Table Gespräche konnten einige Kooperationen zwischen benachbarten Unternehmen angebahnt werden, indem verschiedene Aspekte bspw. einer gemeinsamen Energieversorgung mittels

erneuerbarer Energiequellen am Standort besprochen und daraufhin schon Maßnahmenansätze zur Steigerung der Gesamteffizienz des Industriegebietes entwickelt wurden.
Die Ergebnisse der jeweiligen Round-Table-Workshops mit den drei ausgewählten bestehenden Industriegebieten wurden in Form von Standortsteckbriefen als Entscheidungsgrundlage für die finale Auswahl eines Standortes aufbereitet (vgl. Anhang). Diese Unterlagen beinhalten neben einer grafischen Standortübersicht, allgemeine Informationen bzgl. der Urbanität der Areale, sowie genaue Angaben zu bisher umgesetzten aber auch zurzeit konkret geplanten Maßnahmen in allen fünf Handlungsfeldern der Ultraeffizienzfabrik.

Die wichtigsten Zwischenergebnisse dieser Untersuchungen an den drei bestehenden und dem einen geplanten Industriegebiet als bereits durchgeführte oder zurzeit geplante Maßnahmen zur Steigerung der Gesamteffizienz des jeweiligen Standortes können für die einzelnen Handlungsfelder folgend zusammengefasst werden.

Handlungsfeld Energie:

- Industrieabwärme zur Heizung von Wohngebäuden, Schulen und Schwimmbädern in der angrenzenden Ortschaft (Systemausbau bereits geplant)
- Einspeisung von Wärme der Restentsorgungsanlage im Industriegebiet in das lokale Nahwärmenetz
- Verwendung von Biomasse aus dem weiteren Umkreis für die Biogasanlage am Standort; das somit erzeugte Biogas sichert lokal (BHKW) Energie für ca. 6.000 Haushalte.
- Stromverbrauch aus gemeinsam betriebenen PV-Anlagen: große Freiflächen- und Aufdach-Anlagen

Handlungsfeld Material:

- Schlacke aus dem Betrieb der Restentsorgungsanlage im Industriegebiet für den Bau von Straßen und Wallanlagen am Standort
- Einsatz von am Standort umgeschlagenem Bauschutt (u.a. aus Entsiegelung von Brachflächen) für den Bau von Straßen, Gebäuden und Außenanlagen am Standort
- Etablierung von unternehmensübergreifenden Stoffkreisläufen für Salzsäure, Wasserstoff und Dampf
- Einsatz von Abfall- und Wertstoffen (Baumaterial, Biomasse, Elektronikschrott) am Standort als Rohstoffe

Handlungsfeld Emissionen:

- Nutzung kommunaler Kläranlage seitens einiger Industrieunternehmen für weniger belastete Abwässer oder Errichtung und Nutzung einer Gemeinschaftskläranlage
- Besondere Wahl des Standortes und der Bauart einer Biogasanlage, um jegliche Immissionsbelästigung der Bevölkerung zu vermeiden (bspw. abgedeckte Fütterung)
- Einsatz von Vorrichtungen zur emissionsfreien Verteilung von Gärresten aus der Biogasanlage auf die Felder im Umfeld
- Versiegelter Transport von Biomasse und Abfall (Quell- und Zielverkehr)

Handlungsfeld Mensch / Personal:

- Freizeitgestaltung im Industriegebiet: Sporteinrichtungen, Hochseilgarten, sportliche Veranstaltungen (bspw. Auto- und Radrennen), Mittelaltermarkt
- Zuschüsse (städtisch / regional / Standortbetreibergesellschaft) für ÖPNV-Nutzung für die Mitarbeiter
- Einführung von gestaffelten Ablösezeiten bei den ansässigen Unternehmen, um eine übermäßige Verkehrsbelastung der Stadt zu vermeiden
- Durchführung verschiedener Umfragen zu E-Mobilität, Beleuchtungskonzepten, Verkehr / ÖPNV-Anbindung, Standortakzeptanz, mit teilweise sehr erfolgreichen Ergebnissen

Handlungsfeld Organisation:

- Zentrales Infrastruktur- und Innovationsgebäude (inkl. »FabLab«) im Industriegebiet geplant
- geplante Optimierung des industriellen Verkehrs zur Entlastung der Innenstadt
- Geplante Errichtung eines multimodalen Mobilitätshubs im Industriegebiet zur besseren Anbindung an die Innenstadt
- Architektonische Anpassung einiger Industriegebäude am Standort an die umgebende Landschaft
- Teilen von Erweiterungsflächen, Zufahrten und einer LKW-Waage zwischen den ansässigen Unternehmen

Weitere Ergebnisse der Round-Table-Workshops bestehen in konkreten Zielanforderungen an eine ultraeffiziente Standortplanung oder -erweiterung an jedem der untersuchten Standorte, zur Steigerung der Akzeptanz des urbanen Umfelds. Diese Anforderungen werden demnach sowohl für Bestandsfabriken, als auch bei der Neuansiedlung bzw. Erweiterung von Industriegebieten an künftige Fabriken gestellt. Die Identifikation dieser

Anforderungen erfolgte ebenfalls spezifisch, zu jeweils allen fünf Handlungsfeldern der Ultraeffizienzfabrik. Die wichtigsten Erkenntnisse dazu werden im Folgenden gezeigt.

Handlungsfeld Energie:

- Ausbau der Nahwärmeversorgung des urbanen Umfelds aus Industrieabwärme
- Sinnvolle, gemeinsame Nutzung von Überschussenergie am Standort (Strom, Wärme, Druckluft, etc.)
- Errichtung eines Wasserstoffkraftwerks zur Speicherung des Überschussstroms am Standort
- Einsatz von Energiespeichern in Fabriken zur besseren Kopplung von Energieströmen am Standort

Handlungsfeld Material:

- Entwicklung weiterer Maßnahmen zur Effizienzsteigerung, Minimierung von Materialverschwendungen und Optimierung von Materialeinsatz
- Ansiedlung von Zulieferern bzw. gewerblichen Kunden oder Unternehmen aus komplementären Branchen am Standort zur Realisierung von Stoffkreisläufen (bspw. Lieferung von Vorprodukten, Nutzung von Sekundärrohstoffen aus Abfallprodukten, etc.)

Handlungsfeld Emissionen:

- Kontinuierliche Reduktion aller direkten Emissionen am Standort
- Lokale Förderung der Fahrradnutzung zur Reduktion von direkten Emissionen aus dem Verkehr
- Einführung von E-Shuttle-Services mit autonomen Fahrdienst und Oberleitung zur optimalen Verkehrsanbindung der Industriegebiete

Handlungsfeld Mensch / Personal:

- Entwicklung weiterer Maßnahmen gemeinsam mit den Mitarbeitern, um das Leben und Arbeiten in der Stadt attraktiv zu gestalten bzw. eine hohe Aufenthaltsqualität für Beschäftigte und Besucher zu erzielen
- Schaffung von weiterem Wohnraum und Wohnkonzepten für neue Mitarbeiter
- Ansatz ethischer Kriterien bei Neuansiedlungen (bspw. keine Rüstungsunternehmen am Standort)

Handlungsfeld Organisation:

- (Weiter-) Entwicklung von Quartierskonzepten zur Integration von Industriegebieten in das urbane Umfeld
- Optimierung des industriellen Verkehrs sowie des ÖPNV
- Ansiedlung von bestimmten Gewerben (bspw. Handel) ausschließlich in Abstimmung mit den anliegenden Kommunen
- Gemeinsame Beantragung von Fördermitteln zur Umsetzung von Effizienzmaßnahmen am Standort
- Errichtung von neuen Gebäuden nach den Kriterien der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen

Die finale Auswahl eines Industriegebietsstandortes zur Durchführung der weiteren Untersuchungen fand schließlich im Rahmen einer Lenkungskreissitzung am 10.10.2018 in Stuttgart statt. Vertreter des Fördermittelgebers, der weiteren am Projekt beteiligten akademischen Institutionen aus Baden-Württemberg sowie Fraunhofer-Experten konnten im Nachgang an Vorträgen der Standortvertreter sowie aufgrund der erarbeiteten Standortsteckbriefe bzw. mittels eines strukturierten Bewertungsschemas (vgl. Anhang) eine Auswahl treffen. Das Schema sieht eine Bewertung eines jeden Teilkriteriums der Ultraeffizienzfabrik als Prozentangabe, in 25 %-Stufen vor. Ein Unterschied in der Bewertung der einzelnen Handlungsfelder an einem Standort von mehr als 75 % ergibt einen Abzug von 10 % in der Gesamtbewertung der Effizienz des jeweiligen Standortes. Somit konnten für die weitere Definition, Beschreibung und Bewertung von Symbiose-Effekten am Standort sowie zur Entwicklung eines Geschäftsmodells für eine Standortbetreibergesellschaft, aber auch zur Aufstellung eines individuellen, ganzheitlichen Konzepts zum Aufbau eines stadtnahen Industriestandortes im Sinne der Ultraeffizienz die **Industriegebiete Rheinfelden und Herten West** als gemeinsame, benachbarte Untersuchungsobjekte ausgewählt werden.
Die Vertreter der genannten Industriegebiete durften folglich anlässlich der Preisverleihung des 6. Umwelttechnikpreises Baden-Württemberg am 16. Juli 2019 in Fellbach als Gewinner des Wettbewerbes »Baden-Württembergs ultraeffizientes stadtnahes Industriegebiet« gewürdigt werden und dabei die Urkunden (vgl. Anhang) persönlich vom Landesminister für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft empfangen (vgl. Abbildung 18).

Abbildung 18 Preisverleihung »Baden-Württembergs ultraeffizientes stadtnahes Industriegebiet« am 16.7.2019 in Fellbach

3.2 Konkretisierung von Symbiose-Effekten

Im weiteren Verlauf des Vorhabens galt es laut Forschungsantrag, eine Definition, Beschreibung und ganzheitliche Bewertung von Symbiose-Effekten durch unternehmensübergreifende Stoffkreisläufe und die Integration in das urbane Umfeld an einem ausgewählten Standort durchzuführen bzw. zu untersuchen.
Für das Vorgehen zur Realisierung dieser Zielstellungen wurde analog etablierter Untersuchungen [3] ein methodischer Ansatz zur Modellierung des Gesamtsystems Unternehmen – Industriegebiet ausgewählt. Die in [3] empfohlene Vorgehensweise zur Erreichung dieser Ziele sieht einen Ansatz vor, der Unternehmen hinsichtlich ihrer potenziellen Fähigkeit, als synergetische Partner aufzutreten, kategorisieren soll. Das entsprechende Modell basiert somit auf eine datenbasierte Input-Output-Methode zur Untersuchung der Material-, Energie- und Emissionsströme, sowie der Personal- und Organisationsstrukturen am Standort. Die dafür gewählten Systemgrenzen schlossen die zwei Industriegebiete sowie die umgebende Stadt ein – vgl. Abbildung 19.

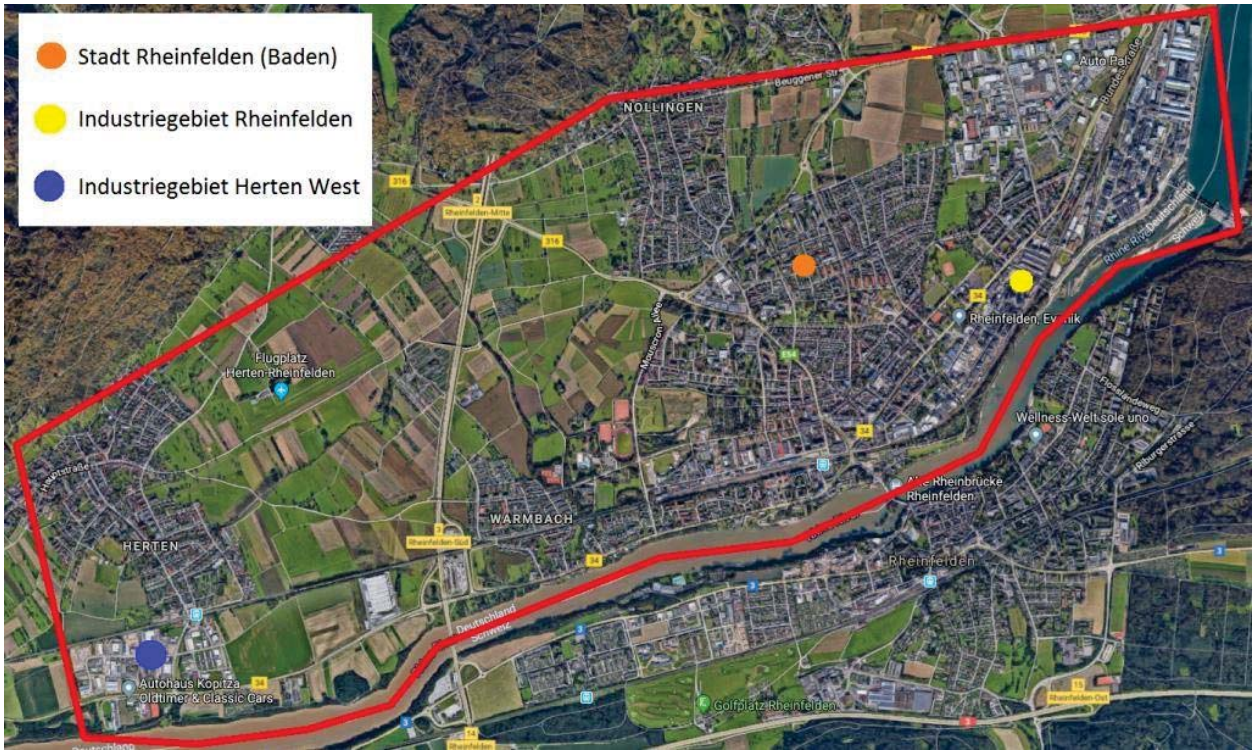


Abbildung 19 Karte des ausgewählten Standortes und festgelegte Systemgrenzen – rot markiert (Quelle: Google Karten)

Im Fokus lag dabei die Bestimmung prinzipieller Wechselwirkungen zwischen den ansässigen produzierenden Unternehmen bzw. zwischen Fabriken und ihrem urbanen Umfeld. Die für diese Untersuchung gewählte Auflösung beinhaltete als kleinste, in sich geschlossene Forschungsobjekte, die einzelnen Unternehmen bzw. die Stadt als direkt angrenzendes Umfeld (vgl. Abbildung 20).

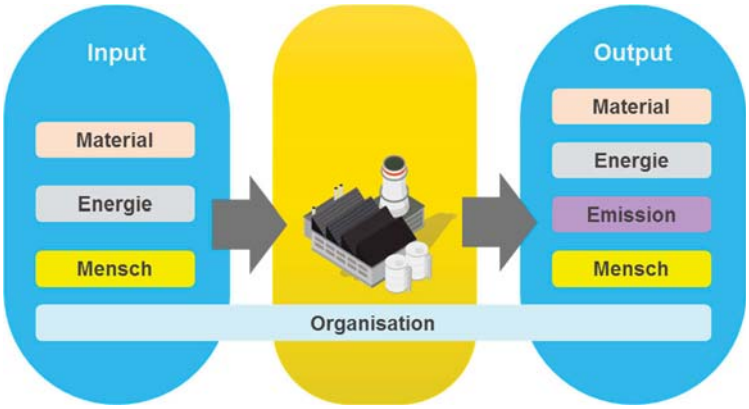


Abbildung 20 Methode und Forschungsobjekte zur Definition, Beschreibung und Bewertung von Symbiose-Effekten

Als Grundlage für die angestrebte, datenbasierte Input-Output-Methode wurde eine umfangreiche Datenerhebung am Standort durchgeführt. Sämtliche in den zwei Industriegebieten ansässige Unternehmen sowie die Stadt Rheinfelden wurden ersucht, einen von Fraunhofer-Experten entwickelten Datenerhebungsbogen auszufüllen und dem Projektteam zur Verfügung zu stellen (vgl. Abbildung 21). Darin wurden neben statistischen Unternehmensdaten, qualitative und quantitative Angaben zu Materialien, Energieträgern, Emissionen sowie Personal- und Organisationsstrukturen abgefragt. Unter entsprechender Geheimhaltung lieferten acht beteiligte Unternehmen sowie die Stadtverwaltung für die detaillierte Untersuchung erforderliche Daten. Weitere Unternehmen bekundeten zwar Interesse an einer Beteiligung, konnten jedoch der Aufforderung zur Datenerhebung meist aus betrieblichen Gründen nicht nachkommen.

ULTRAEFFIZIENZ FABRIK

Ultraeffizientes Industrie-/Gewerbegebiet - Datenerhebung bei den Unternehmen für die Konzeptentwicklung

	Mitarbeiter	500	Branche	Metall	
	Umsatz	3,5 T €	Ansprechpartner	Muster Mustermann	
	Bezeichnung	Menge	Quelle	Senke	Bemerkung
Material	Stahl	70 t	Lieferant außerhalb	Unternehmen	
	Stahlspäne	15 t	Unternehmen	Restverwerter	komplett an Verwerter
	Stahlabfälle	3t	Unternehmen	Restverwerter	90 % Verwerter, 10 % Azubiwerkstatt
Energie	Strom	1,2 MW	Erzeuger	Unternehmen	
	Wärme	70 kW	Fernwärmenetz	Unternehmen	
	Wärme	-	Unternehmen	Umwelt	Abwärme wird nicht weiter verwertet
Emissi	Geräusche	70 dB	Unternehmen	Umwelt	Normale Schallisolierung der Maschinen
	CO2	-	Unternehmen	Umwelt	Härtereiabgase durch Schornstein, Gesetzlcih vorgeschriebener Filter
Mensch /	Mitarbeiterindividualverkehr	120	Zuhause	Unternehmen	Automobil
	Mitarbeiter mittel ÖPNV	380	Stadt	Unternehmen	Busverbindung zum Stadtzentrum
	Krankentage	12			2% Arbeitsunfall, 12 % Wegeunfall, 80 % Erkrankung (Grippe etc.), 6 % körp
Organi	Beratungsleistung	5 d	Dienstleister	Unternehmen	Management Review, Qualitätsmanagement
	Rechenzentrum		Dienstleister	Unternehmen	SaaS für ERP und Business Process

Abbildung 21 Beispielhafte Darstellung des für die Datenerhebung entwickelten und verwendeten Bogens

Die Auswertung der somit erhaltenen Datensätze erfolgte auf Basis der Input-Output-Methode durch eine grafische Visualisierung der systematischen Verknüpfung sämtlicher identifizierten Material-, Energie- und Emissionsströme, sowie Personal- und Organisationsstrukturen. Dabei wurden sowohl bestehende Wechselwirkungen zwischen den Unternehmen bzw. mit ihrem urbanen Umfeld, als auch potenziell, darüber hinaus entstehende Wechselwirkungen identifiziert bzw. definiert. Die einzelnen Ergebnisse wurden im Rahmen eines Workshops mit Experten der drei beteiligten Fraunhofer-Institute am 23.04.2019 validiert und werden im Folgenden erläutert.

3.3 Analyseergebnisse zu bestehenden Symbiose-Effekten am Pilotstandort

Aufgrund der somit erfolgten Datenerhebung sowie der ursprünglich erhobenen und während des Round-Table-Workshops validierten Informationen zu bestehenden Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Unternehmen sowie an der Schnittstelle zum städtischen Umfeld konnte für jedes einzelne Handlungsfeld eine ganzheitliche Übersicht aller bestehenden Aspekte der industriellen Symbiose am Standort erstellt werden (vgl. Abbildung 22). Die allgemeine Heterogenität der Datengrundlage bzgl. Granularität, Detailtiefe und Quantifizierung erlaubte jedoch keine quantitative Untersuchung und führte zu einer grundsätzlich qualitativen Beschreibung und Bewertung der identifizierten bestehenden Symbiose-Effekte am Standort.
Im Folgenden werden somit die einzelnen bestehenden identifizierten Wechselwirkungen zwischen den Unternehmen bzw. zwischen Fabriken und dem urbanen Umfeld je nach Handlungsfeld erläutert.
Die Namen aller beteiligten Unternehmen sowie der weiteren Stakeholder am Standort wurden bei der Darstellung der Ergebnisse aufgrund der Sensibilität der aufgenommenen Unternehmensdaten anonymisiert.

Handlungsfeld Energie (vgl. Abbildung 23)
Im Handlungsfeld Energie werden am ausgewählten Standort Energieträger bzw. -medien wie Strom, Wärme, Druckluft, Dampf, Stickstoff, Kesselspeisewasser und Kondensat bereits zwischen einzelnen Unternehmen bzw. mit der Stadt ausgetauscht.
Im Detail finden somit folgende Wechselwirkungen zurzeit statt: Unternehmen A bezieht die Elektrizität von Unternehmen C und liefert Abwärme aus Eigenerzeugung mittels Blockheizkraftwerken (BHKW) an Unternehmen H. Unternehmen B bezieht die Elektrizität ebenfalls von Unternehmen C und liefert Dampf aus interner Wärmerückgewinnung an Unternehmen F. Weiterhin erhält das Unternehmen B Druckluft, Kesselspeisewasser, Stickstoff und Dampf von Unternehmen D. Gleichzeitig liefert das Unternehmen B an Unternehmen D Kondensat. Ungenutzte Abwärme des Unternehmens B wird zurzeit nicht verwertet. Unternehmen C erzeugt mittels des am Standort angrenzenden Laufwasserkraftwerks sowie eigener Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) Strom und beliefert außerdem noch Unternehmen H mit Elektrizität. Zur Beheizung des eigenen Logistikzentrums setzt das Unternehmen C Holzpellets ein. Unternehmen D agiert als Lieferant von Dampf, Druckluft, Stickstoff und Strom durch Eigenerzeugung mittels Wasserkraft, Gas- und Dampfturbinen für das Unternehmen F. Des Weiteren erfolgt eine Belieferung von Abwärme in unterschiedlichen Temperaturbereichen aus eigenen Prozessen des Unternehmens D an die Kommune, zur Beheizung von öffentlichen Gebäuden und Einrichtungen. Ein Ausbau dieser Abwärme-Auskopplung ist bereits geplant. Das Unternehmen F betreibt eine Direkteinleitung von in thermischem Abwasser gebundener Abwärme in das Fließgewässer. Schließlich deckt das Unternehmen G mittels eigener PV-Anlagen nicht nur größtenteils den eigenen Strombedarf, sondern betreibt auch eine Einspeisung in das lokale Elektrizitätsnetz.

Handlungsfeld Material (vgl. Abbildung 24)
Am ausgewählten Standort bestehen bereits Materialkreisläufe zwischen Unternehmen für Stoffe wie Wasser, Wasserstoff, vollentsalztes (VE-) Wasser, Prozesswasser, sowie Produkte und Hilfsstoffe. Außerdem wurde der Einsatz von Stoffen wie Aluminium, verschiedene Metalle, Kunststoff, Kunststoffgranulate u.a. identifiziert.
Konkret erfolgt im Bestand folgender Materialaustausch zwischen Unternehmen sowie zwischen Fabriken und deren Umfeld: Unternehmen A liefert Wasser als Betriebsstoff an Unternehmen H. Außerdem leitet das Unternehmen A Oberflächen- und Kühlwasser direkt sowie Prozesswasser über eine Abwasserbehandlungsanlage in das Fließgewässer ein. Auch Unternehmen B betreibt eine Direkteinleitung von Prozess- und Kühlwasser in das fließende Gewässer. Darüber hinaus liefert das Unternehmen B Vorprodukte zur weiteren Verwendung an Unternehmen D. Dieses liefert wiederum Wasserstoff sowie andere Produkte an Unternehmen B. Außerdem nutzt auch Unternehmen D Flusswasser als Betriebsstoff und leitet es wieder in den gleichen Fluss ein. Zudem liefert gleiches Unternehmen VE-Wasser aus eigener Erzeugung an Unternehmen F. Dieses nutzt wiederum ebenfalls Flusswasser als Kühlwasser und leitet Prozesswasser über den Einleitpunkt des Industriegebietbetreibers in das Fließgewässer ein. Gleiches Unternehmen erzeugt Wasserstoff als Nebenprodukt, das aber aufgrund der Verunreinigung mit Stickstoff und anderen Stoffen jedoch aktuell keine Verwertung findet. Ein weiteres spezifisches Nebenprodukt wird dafür an Unternehmen B geliefert. Darüber hinaus bezieht das Unternehmen F weitere zwei Roh- und Hilfsstoffe aus dem Industriegebiet über dafür ausgelegte Puffertanklager. Das Unternehmen H bezieht schließlich verschiedene Kunststoffe von der Stadt bzw. aus der Region und gibt außerdem mechanisch und biologisch behandeltes Prozesswasser an die lokale Kläranlage ab.

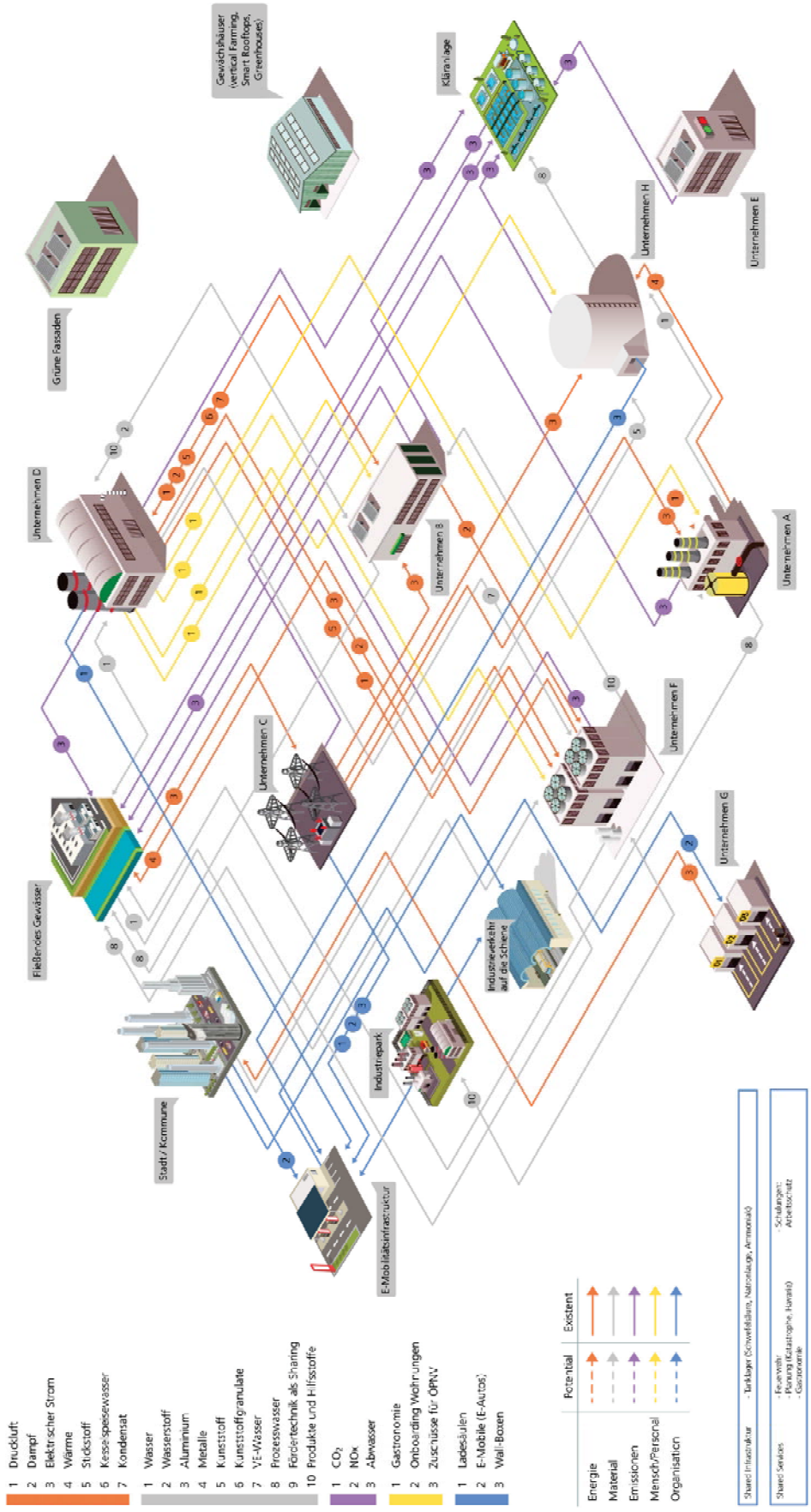


Abbildung 22 Übersicht aller bestehenden Aspekte der industriellen Symbiose am Standort Rheinfelden (Baden)

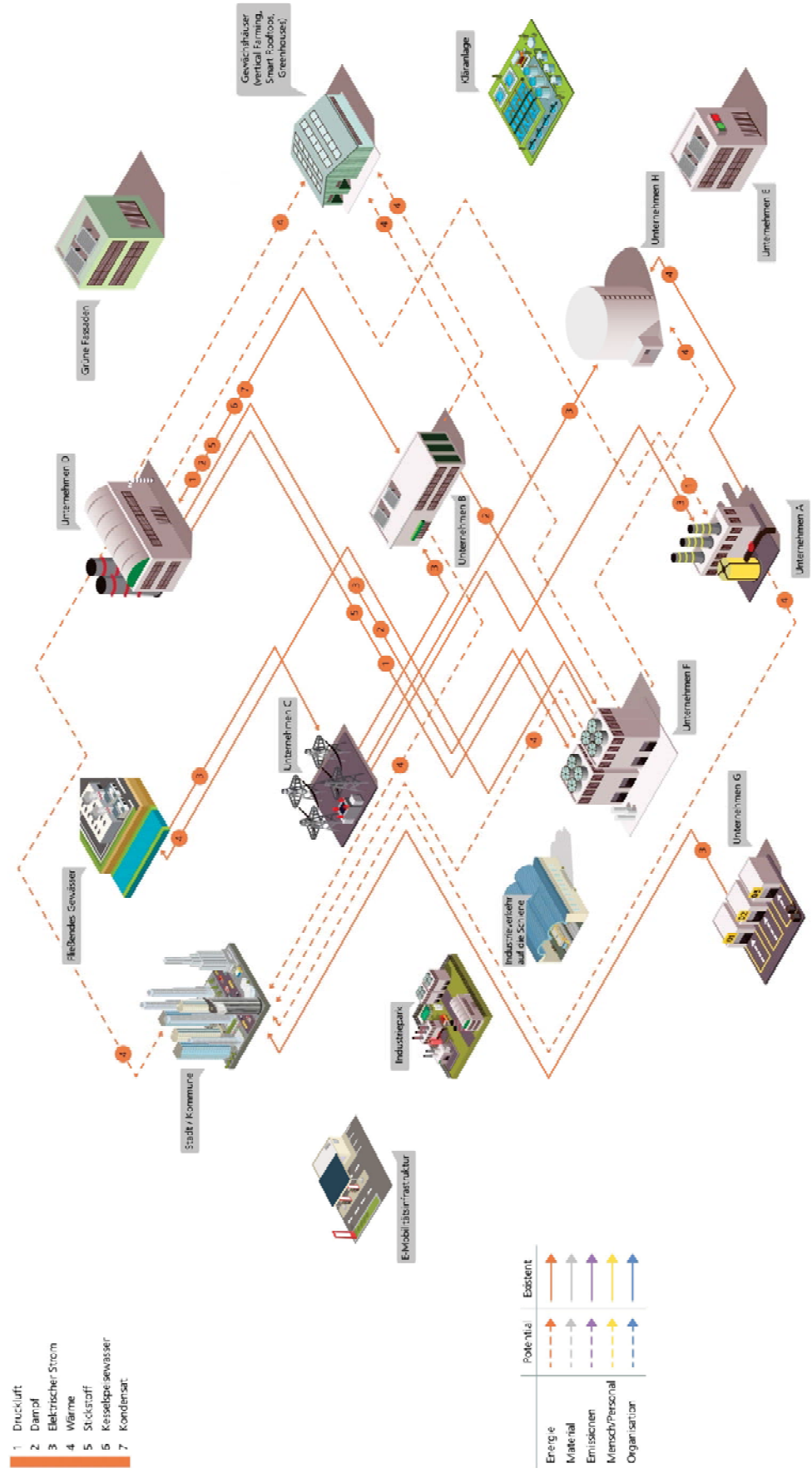


Abbildung 23 Industrielle Symbiose am Standort Rheinfelden (Baden) im Handlungsfeld Energie

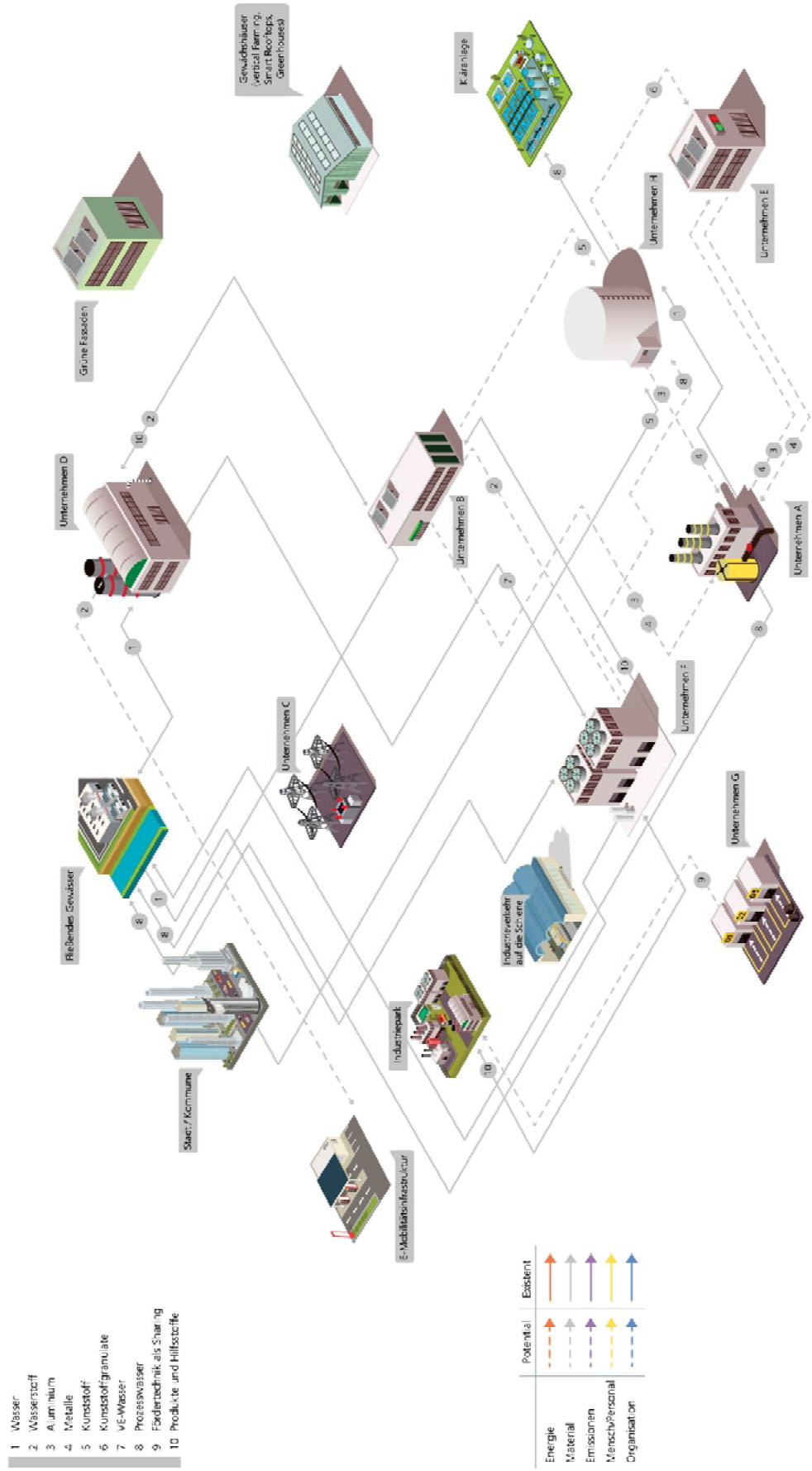


Abbildung 24 Industrielle Symbiose am Standort Rheinfelden (Baden) im Handlungsfeld Material

Handlungsfeld Emissionen (vgl. Abbildung 25)
Bezüglich Emissionen stellte sich aufgrund der heterogenen Datenlage heraus, dass die Unternehmen am Standort direkte CO_2- und NO_x-Emissionen, sowie Abwasser, Abluft, Geruch und Schall ins Umfeld emittieren. Dabei leitet das Unternehmen A genutztes bzw. verunreinigtes Abwasser und Sickerwasser über eine Abwasserbehandlungsanlage in das Fließgewässer. Gleiches geschieht auch im Unternehmen B, welches darüber hinaus auch eine Direkteinleitung von thermisch belasteten Abwässern in die Umwelt betreibt. Außerdem macht es auch von der lokalen Kläranlage Gebrauch, die einen Anteil der industriellen Abwässer aufbereitet. Direkte CO_2-Emissionen, NO_x-Abgase, Gerüche und Schall werden vorschriftsgemäß in die Umwelt emittiert. Das Unternehmen C gibt wiederum an, keine direkten CO_2-Emissionen am Standort zu verursachen, wobei es NO_x-Abgase, Gerüche und Abwasser ebenfalls vorschriftsgemäß dem Umfeld abgibt. Unternehmen D führt sowohl industrielle, als auch usuelle Abwässer über die Kläranlage ab und emittiert außerdem Lärm, direkte CO_2-Emissionen und NO_x-Abgase, aber auch Dampf und Abwärme vorschriftsgemäß. Ebenfalls Abwasser über die gemeinsam genutzte Kläranlage sowie geringe Geräusche emittiert das Unternehmen E in die umgebende Umwelt. Unternehmen F leitet wiederum thermisches Abwasser über den Einleitpunkt des Industriebetreibers direkt in das Fließgewässer ein. Außerdem findet in dem gleichen Unternehmen eine Verdampfung von Prozesswasser in die Umwelt statt. Im Unternehmen H wird das Abwasser vor der Abgabe an die Kläranlage mechanisch und biologisch behandelt. Die Abluft aus den Hallen entweicht durch Konvektion in die Umwelt, während an den Geruchsentstehungsorten eine Luftbehandlung stattfindet. Zudem werden auch die Schallemissionen durch schnellschließende Tore und anlagenbezogenem Schallschutz reduziert.

Handlungsfeld Mensch / Personal (vgl. Abbildung 26)
Zu diesem Handlungsfeld erwies sich die aufgestellte Datengrundlage äußerst heterogen, sowohl bzgl. der qualitativen Angaben, als auch betreffend der Detailtiefe.
Die dazu bereits stattfindenden Wechselwirkungen am Standort beinhalten ein Gastronomieangebot, das von Unternehmen D zur Verfügung gestellt wird, eine gemeinsame Planung zu Havarie und Katastrophenschutz, das von den Unternehmen A, B und D gemeinsam durchgeführt wird, sowie eine gemeinsame Mitarbeiterschulung zu Arbeitsschutz der Unternehmen D und F. Darüber hinaus werden am Standort verschiedene Schulungen, Weiterbildungen, ein betriebliches Vorschlagswesen, Gesundheitsmanagement, eine Förderung von alternativen Verkehrsmitteln sowie verschiedene Veranstaltungen u.a. zu Erfahrungsaustausch und zu sozialen Zwecken angeboten, allerdings separat und individuell.
Die darüber hinaus erhobenen Daten zum Mobilitätsprofil der Mitarbeitenden am Standort weisen eine deutliche Präponderanz des automobilbasierten Individualverkehrs auf. Alternative oder öffentliche Verkehrsmittel, sowie die städtischen ÖPNV-Zuschüsse werden von einer meist kleinen Minderheit in Anspruch genommen.

Handlungsfeld Organisation (vgl. Abbildung 27)
Das Handlungsfeld Organisation summiert zusammengefasst von Unternehmen und Umfeld gemeinsam genutzte Dienstleistungen und Infrastrukturen am Standort. Darüber hinaus umgesetzte Optimierungsmaßnahmen im Energiemanagement, KVP gegen Verschwendung, sowie bzgl. der Akzeptanz des Standortumfeldes werden unabhängig voneinander und individuell umgesetzt. Die Stadt erarbeitet im Konkreten nicht nur ein Quartierskonzept, sondern auch ein Smart-City-Konzept, in dem u.a. bereits eine Smart-City-App zur Nutzung im Stadtgebiet zur Verfügung steht. Dieser Entwicklungsplan ist darüber hinaus mit dem Seveso-III-Gutachten abgestimmt. Außerdem findet eine Kooperation mit dem Familienzentrum sowie Aktivitäten im Rahmen des lokalen Bündnisses für Familie und »Chemie und Pharma am Hochrhein« statt.
Dienstleistungen, die vor Ort gemeinsam genutzt werden, beinhalten eine Feuerwehr-Kooperation zwischen Stadt und Unternehmen bzgl. Fahrzeuge, Gebäude und Mitarbeiter, die gemeinsame Notfallplanung, Gastronomie, sowie Arbeitsschutzschulungen. Außerdem nutzen Unternehmen D und F die Bahnlogistik im Industriegebiet sowie Dienstleistungen wie Personalwesen, Umweltschutz, Werkschutz, Abfall, Gefahrgut, Qualitäts- und Energiemanagement, sowie Bereitschaftsdienste gemeinsam. Die gemeinschaftlich genutzte Infrastruktur in dem Industriegebiet umfasst Tanklager für Schwefelsäure, Natronlauge und Ammoniak, sowie Ladesäulen, E-Mobile und Wall-Boxen für die Elektromobilität. Konkret teilen sich die Unternehmen A und H die Pforte, Lagerplätze, -hallen und eine Waage. Unternehmen C betreibt eine Ladeinfrastruktur und Fahrzeuge, die auch öffentlich genutzt werden können. Die Unternehmen D und H stellen E-Mobilitätsinfrastruktur zur Verfügung, währenddessen die Stadt E-Fahrzeuge und E-Fahrräder, die u.a. zum Teil von Mitarbeitern des Unternehmens G in Anspruch genommen werden. Unternehmen D und F teilen sich u.a. ebenfalls Werkstätten.
Darüber hinaus sind die Optimierung des Industrieverkehrs zur Entlastung der Stadt, sowie ein gemeinsamer Betrieb von E-Mobilitätsinfrastruktur im Industriegebiet bereits geplant.

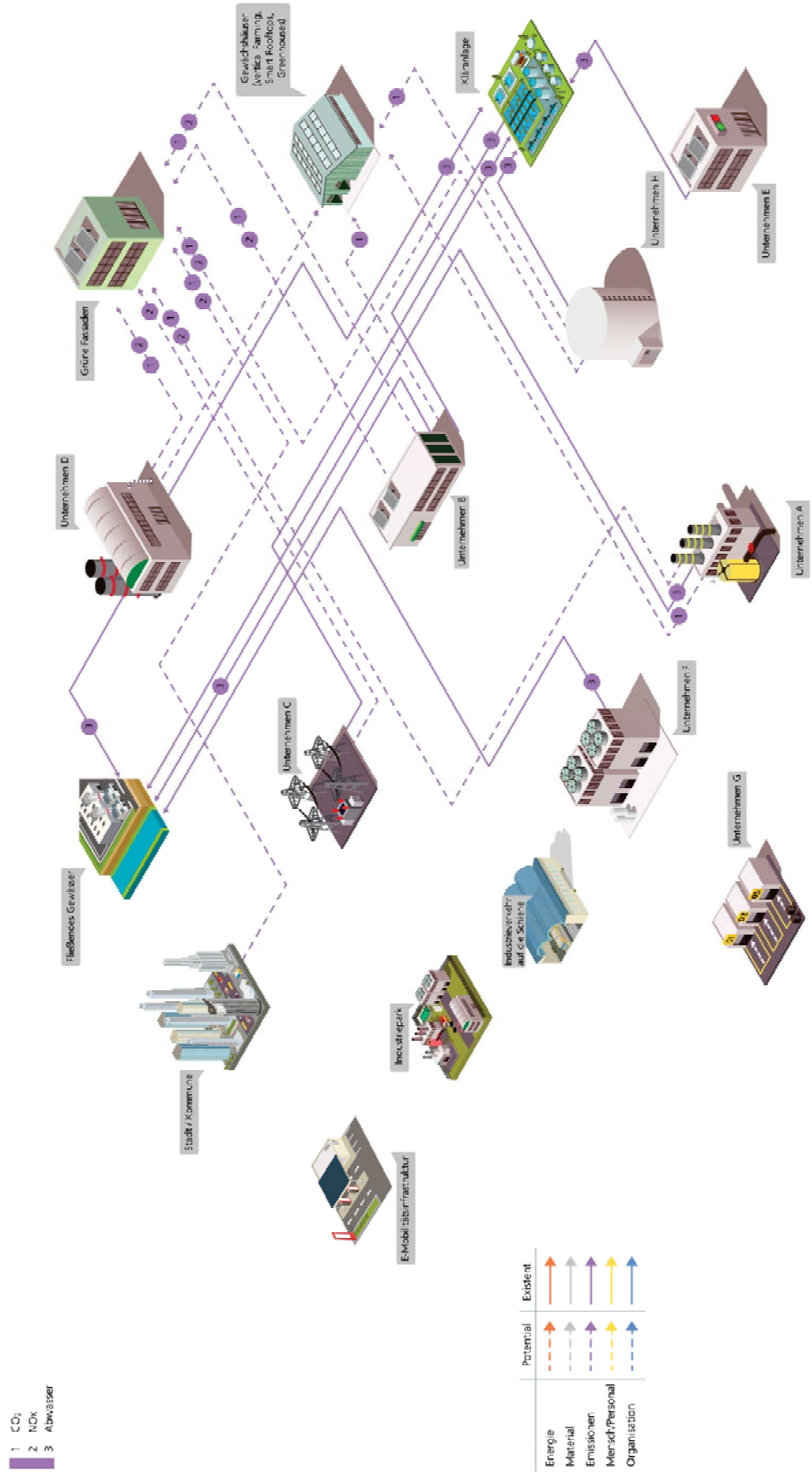


Abbildung 25 Industrielle Symbiose am Standort Rheinfelden (Baden) im Handlungsfeld Emissionen

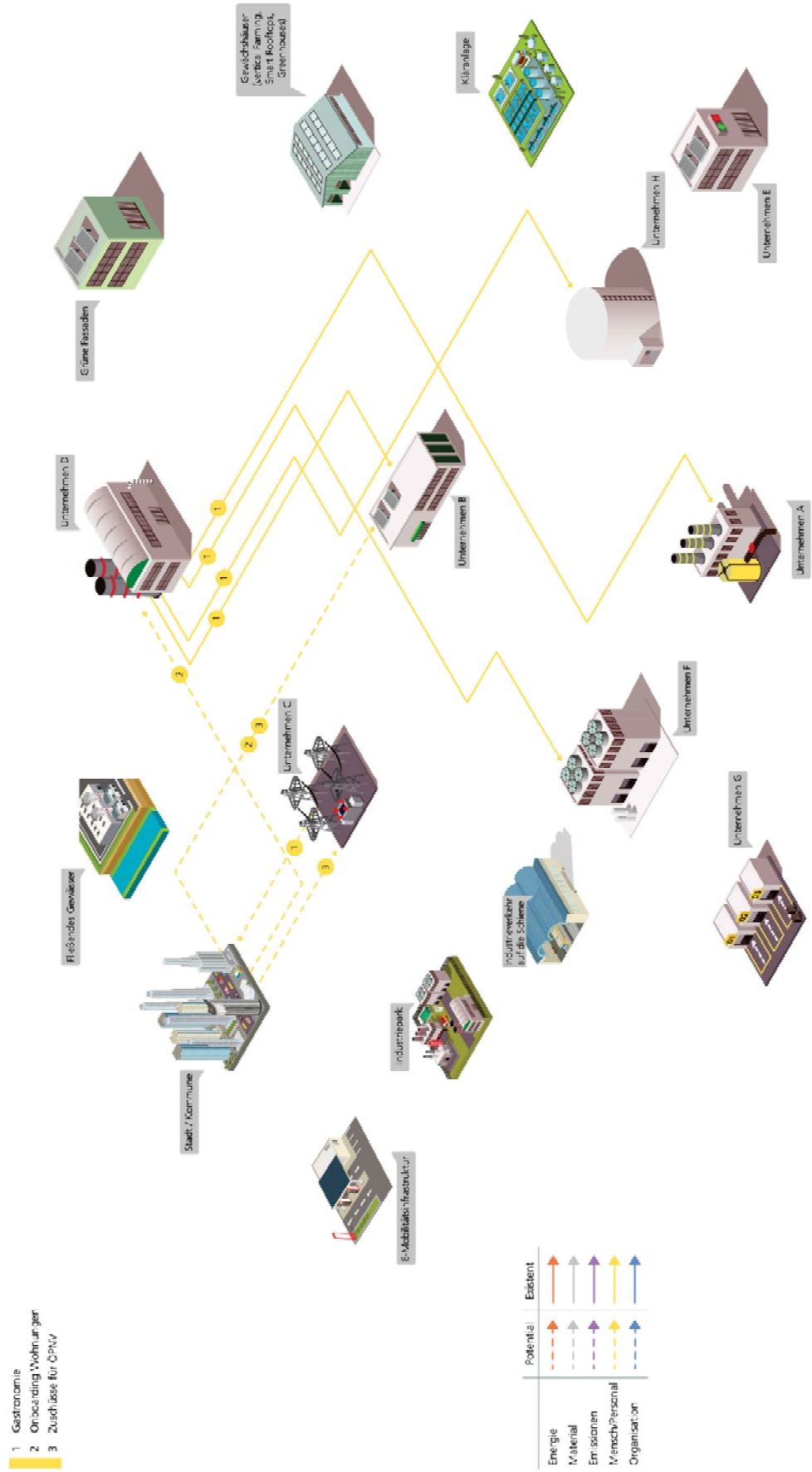


Abbildung 26 Industrielle Symbiose am Standort Rheinfelden (Baden) im Handlungsfeld Mensch / Personal

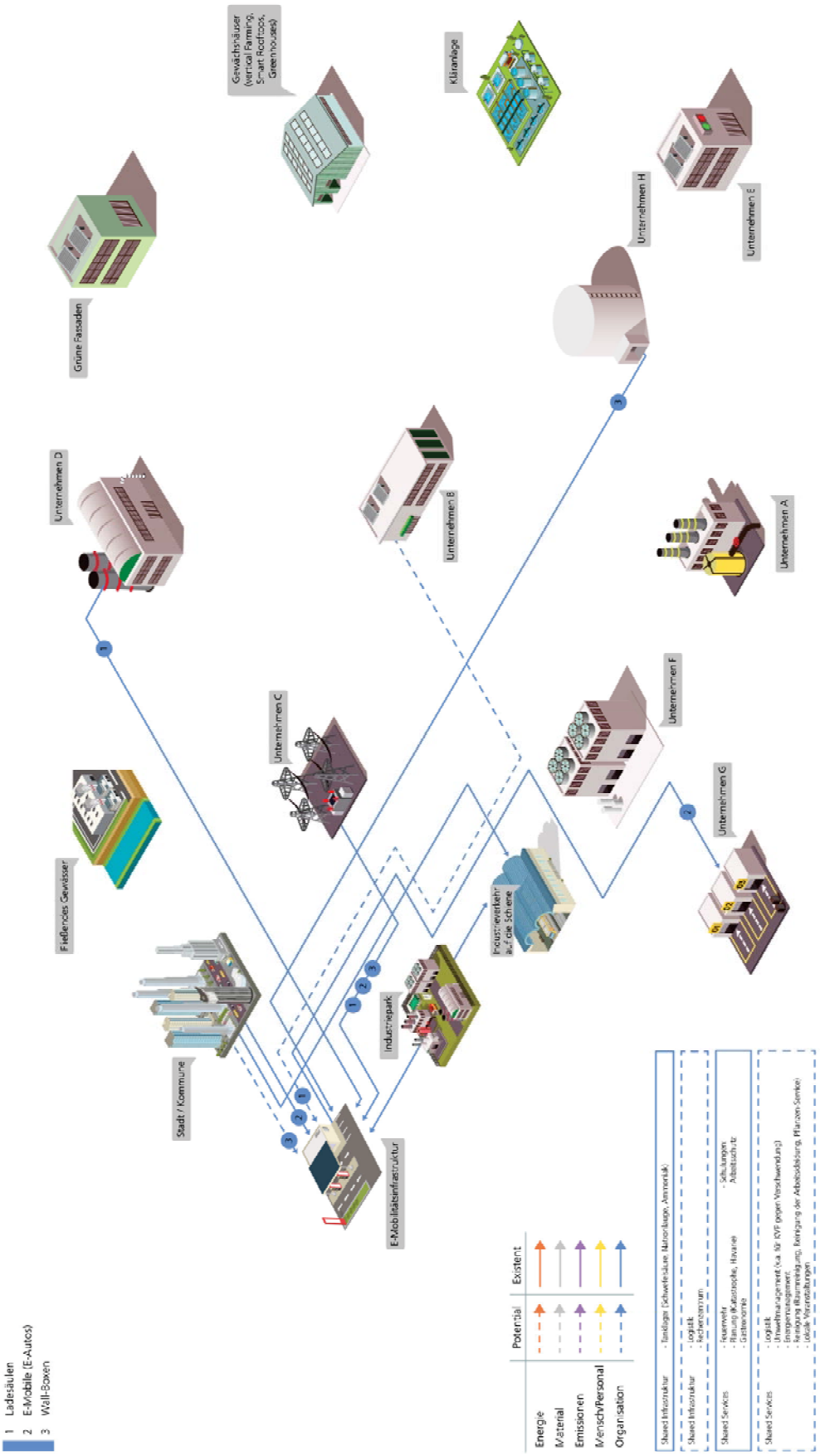


Abbildung 27 Industrielle Symbiose am Standort Rheinfelden (Baden) im Handlungsfeld Organisation

3.4 Potenzialbetrachtung von Symbiose-Effekten am Pilotstandort

Nach erfolgter Identifikation der bestehenden Wechselwirkungen am Standort, wurden basierend auf der Datenerhebung und -auswertung ebenfalls potentielle Symbiose-Effekte in allen fünf Handlungsfeldern zwischen den einzelnen Unternehmen sowie an der Schnittstelle zum städtischen Umfeld mittels gleicher grafischen Input-Output-Methode abgeleitet bzw. im Rahmen eines Workshops mit Fraunhofer-Experten am 23.04.2019 validiert. Eine Übersicht aller abgeleiteten potentiellen Aspekte der industriellen Symbiose am ausgewählten Standort liefert Abbildung 28. Auch im Fall der potentiellen Symbiose-Effekte konnte aufgrund der heterogenen Datengrundlage ausschließlich eine qualitative Untersuchung durchgeführt werden.
Die folgenden Abschnitte erläutern somit die für das ausgewählte Industriegebiet abgeleiteten Potentiale zum Aufbau des stadtnahen Industriestandortes im Sinne der Ultraeffizienz, je nach Handlungsfeld. Auch hier wurden bei der Darstellung der Ergebnisse aufgrund der Sensibilität der aufgenommenen Unternehmensdaten die Namen aller beteiligten Unternehmen sowie der weiteren Stakeholder am Standort anonymisiert.

Handlungsfeld Energie (vgl. Abbildung 23)
Im Handlungsfeld Energie bestehen im Industriegebiet Potentiale bzgl. der Druckluftversorgung sowie der Abwärmenutzung zwischen den Unternehmen bzw. zwischen Fabriken und Stadt.
Im Unternehmen A besteht somit das Potential, den Anschluss an das Druckluftnetz des Industriegebietes zu realisieren und dieses Medium sowohl von Unternehmen D zu beziehen, als auch eine Einspeisung zu ermöglichen, um den Energieverbrauch für die Drucklufteigenerzeugung zu optimieren. Darüber hinaus besteht das Potential einer Abwärmelieferung aus Eigenerzeugungsanlagen nicht nur an benachbarte Unternehmen, sondern auch an das umgebende urbane Umfeld. Auch Unternehmen B, D und H verfügen – u.a. durch eine Verbrennungsanlage – über ungenutzte Abwärme in unterschiedlichen Temperaturbereichen, die einerseits an die Stadt geliefert werden kann, andererseits aber den innovativen Ansatz des nachhaltigen Pflanzenanbaus in Fabrikdachgewächshäusern – Smart Rooftop Greenhouses (vgl. Kap. 5.1) – unterstützen kann. Unternehmen F weist ebenfalls ähnliche Potentiale bzgl. Abwärme u.a. aus thermischem Abwasser auf, die durch eine Abwärmelieferung an Unternehmen H ausgeschöpft werden können. Auch Unternehmen E besitzt das Potenzial, von einem benachbarten Unternehmen lokal, mittels PV-Anlagen erneuerbar erzeugten Strom zu beziehen.

Handlungsfeld Material (vgl. Abbildung 24)
Im Bereich Material bestehen im Industriegebiet Potentiale bzgl. der gleichen Stoffe, die zunächst auch im Bestand identifiziert wurden.
Im Einzelnen hat Unternehmen A die Möglichkeit, Aluminium von Unternehmen B und H, sowie Metalle von den Unternehmen B, E und H zu beziehen, welche diese Stoffe als Ausgangsstoffe aufweisen. Gleichzeitig kann das Unternehmen A auch als Lieferant dieser zwei Materialien für Unternehmen E agieren. Das Unternehmen B besitzt ebenso das Potential, Kunststoffe als Ausgangsstoffe an Unternehmen H zu liefern. Dieses kann wiederum Kunststoffgranulate dem Unternehmen E anbieten. Ebenfalls als Ausgangsstoff kann Unternehmen D Wasserstoff für die E-Mobilitätsinfrastruktur im Industriegebiet zur Verfügung stellen. Gleichzeitig besteht die Möglichkeit, dass Unternehmen F eine Stoffbehandlung durchführt und somit reinen Wasserstoff an Unternehmen B liefert oder ebenfalls die E-Mobilität am Standort versorgt. Außerdem kann das Unternehmen F Prozesswasser an Unternehmen H zur Nutzung als Brauchwasser liefern.

Handlungsfeld Emissionen (vgl. Abbildung 25)
Bezüglich Emissionen konzentrieren sich die wesentlichen Potentiale in der Senkung der direkten CO_2- und NO_x-Emissionen am Standort. Da eine Vermeidung dieser Ausgangsstoffe prozessbedingt unternehmensintern zu untersuchen sind, beziehen sich die hier abgeleiteten Potentiale zur nachgelagerten Senkung der Emissionen auf Symbiose-Ansätze, die unternehmensübergreifend erschlossen werden können. Darüber hinaus weisen auch Ansätze, die hauptsächlich anderen Handlungsfeldern zugewiesen wurden, durchaus eine positive Auswirkung auf das Handlungsfeld Emissionen auf. Somit können in den intelligenten Fabrikdachgewächshäusern – Smart Rooftop Greenhouses (vgl. Kap. 5.1) – nicht nur Abwärme, sondern auch direkte CO_2- und NO_x-Emissionen, die vor Ort vorkommen, eingeleitet und biologisch gebunden werden.
Ebenso bietet die Ausstattung von Gebäuden im Industriegebiet mit begrünten Fassaden (vgl. Kap. 5.1) einerseits die gleiche Möglichkeit der biologischen Bindung von direkten CO_2- und NO_x-Emissionen, die sowohl am Standort von sämtlichen untersuchten Unternehmen, als auch im urbanen Umfeld verursacht werden. Andererseits werden dadurch auch weitere direkt vor Ort entstehende Emissionen, wie Feinstaub und Schall, gesenkt, aber auch eine viel bessere Wärmedämmung der Gebäude erreicht.

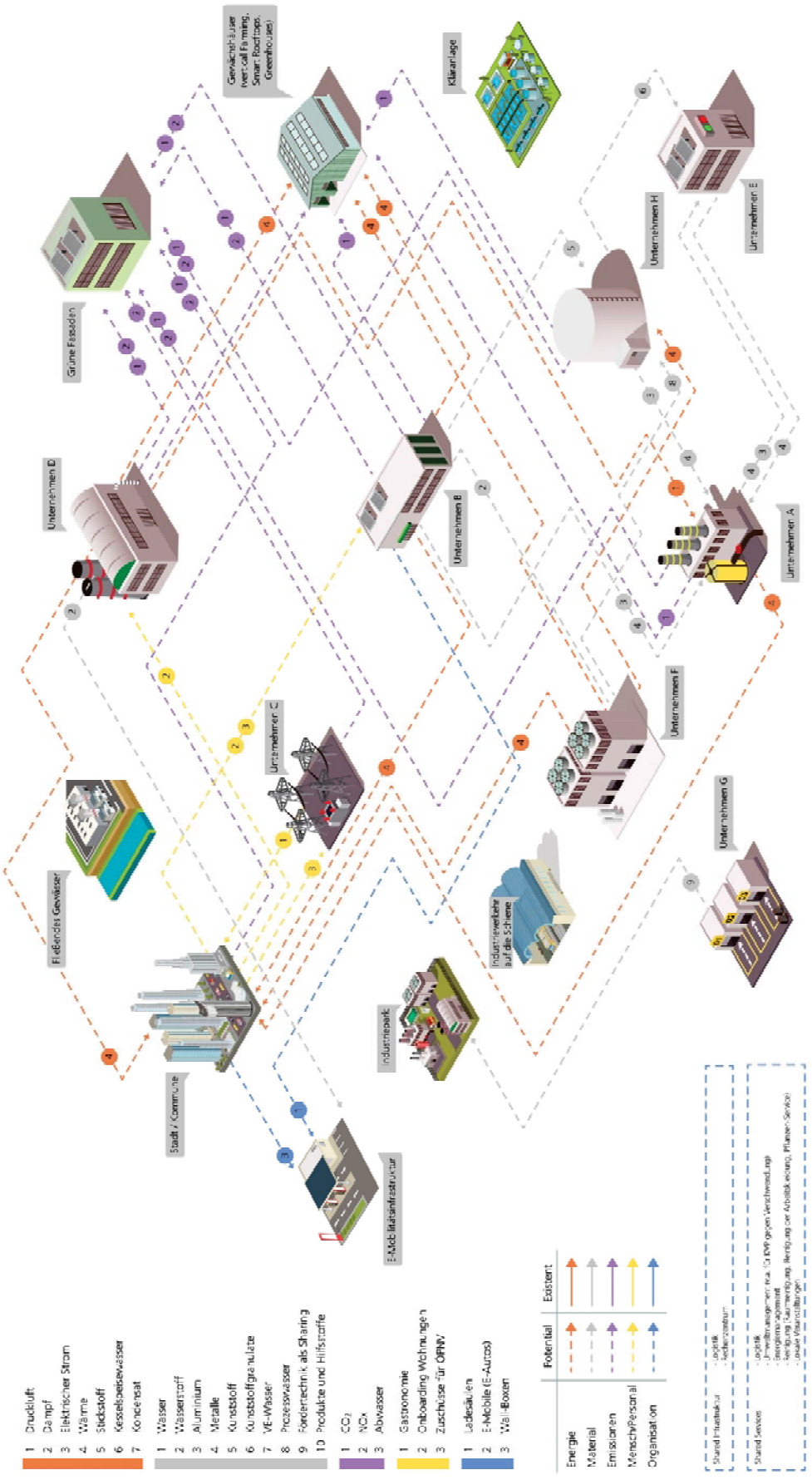


Abbildung 28 Übersicht aller Potenziale der industriellen Symbiose am Standort Rheinfelden (Baden)

Handlungsfeld Mensch / Personal (vgl. Abbildung 26)
Zusätzlich zu den bereits identifizierten bestehenden Wechselwirkungen auf dem Handlungsfeld Mensch / Personal, konnten aufgrund der Datenaufnahme am Standort folgende potentielle Aspekte abgeleitet werden.
Das im Industriegebiet bereits existierende Gastronomieangebot kann durch das Unternehmen C erweitert werden, um eine großflächigere Deckung am Standort zu gewährleisten. Ein weiterer, sehr wichtiger Aspekt an der Schnittstelle zum urbanen Umfeld betrifft das Potenzial zur Schaffung von kurzfristig bereitgestelltem Wohnraum für Onboarding-Personal. Von diesem gemeinsam mit der Stadt zu erschließenden Potential können die Unternehmen B und D sofort profitieren. Auch die Thematik des Mobilitätsprofils der Mitarbeitenden am Standort weist ein Optimierungspotential auf. Zur Reduktion des automobilbasierten Individualverkehrs können sowohl optimierte regionale ÖPNV-Zuschüsse, als auch eine breitere, gemeinsam betriebene Infrastruktur für alternative, lokal emissionsfreie Verkehrsmittel, neben E-Autos, beitragen. Davon können nicht nur Unternehmen B und D sowie ihre Mitarbeitenden, sondern auch alle anderen Stakeholder am Standort profitieren. Große Vorteile bringt allen Beteiligten außerdem eine flexible, kooperative Personaleinsatzplanung von Fachkräften, Energie-, Umwelt- und Schadstoffmanagern, sowie von Arbeits- und Brandschutzbeauftragten.

Handlungsfeld Organisation (vgl. Abbildung 27)
Auch bezüglich der Organisation am ausgewählten Standort konnten einige Potentiale abgeleitet werden.
Die benachbarten Unternehmen können dabei nicht nur von den bereits gemeinsam genutzten Dienstleistungen, sondern auch von einer gemeinschaftlichen Intralogistik, weiteren im Verbund organisierten Veranstaltungen, aber auch von unternehmensübergreifend in Anspruch genommenen Services wie Umwelt- und Energiemanagement oder Reinigung und Grünflächenpflege profitieren. Ein ebenfalls im Verbund betriebenes Rechenzentrum am Standort, aber auch eine Erweiterung der gemeinschaftlichen Nutzung von Logistikinfrastrukturen und Fuhrparks kann große Vorteile haben. Dabei hat konkret Unternehmen G die Möglichkeit, dem Industriegebiet Fördertechnik zum gemeinsamen intralogistischen Einsatz zur Verfügung zu stellen. Die übergeordnete Mobilität am Standort besitzt ein Optimierungspotential durch die Verlagerung nicht nur des Industrie-, sondern auch des Personenverkehrs auf die existierende Schieneninfrastruktur – was darüber hinaus zu einer lokalen Emissionsminderung, aber auch zu einer Entlastung des stadtnahen Straßenverkehrs führen kann.

4 Geschäftsmodell für eine Standortbetreibergesellschaft am ausgewählten Pilotstandort nach dem Konzept der Ultraeffizienzfabrik

Um Symbiose-Effekte langfristig zu realisieren, muss für erbrachte Leistungen eine Art von Ausgleich geschaffen werden. Dieser Ausgleich muss wertmäßig die Aufwendungen aller Partner adäquat berücksichtigen. Eine einfache Möglichkeit ist es, die Aufwendung finanziellen Werten gegenüber zu stellen, um so den Wertbeitrag zu bemessen. Ein Geschäftsmodell [28] [31] verfolgt exakt diesen Ansatz.

4.1 Vorgehen zur Geschäftsmodellentwicklung

Für die Geschäftsmodellentwicklung sind zwei Perspektiven hervorzuheben. Einerseits ist aufzuarbeiten, wie die Entwicklung eines Geschäftsmodells erfolgt und welche Aspekte dabei zu berücksichtigen sind, um alle Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Andererseits erfolgt die Entwicklung nicht im Theorieraum. Aktuelle Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen möglichen beteiligten Stakeholdern sind ebenfalls mit einzubeziehen.
Das Vorgehen hatte verschiedene Phasen im Projekt (Abbildung 29). Denn es sollte sichergestellt werden, aktuelle Ansätze bei der Geschäftsmodellentwicklung ebenso zu berücksichtigen, wie auch standortspezifische Aspekte. Bei der Recherche zum Geschäftsmodell stand die Analyse aktueller Methoden und Darstellungsformen im Fokus. Außerdem sollte zusammengetragen werden, welche möglichen Geschäftsmodelle es gibt und wodurch sich diese auszeichnen. Auf Basis dieser Information sollte generisch ein Ansatz entwickelt werden. Dies sollte als Basis genutzt werden, um eine Adaption und eine Spezifizierung durchzuführen. Dies konnte nur sinnvoll mit Informationen vom Standort erfolgen. Diese mittels Workshops und Interviews gesammelten Informationen wurden ausgewertet und mit Experteninformationen angereichert. Damit erfolgte die Anpassung des generischen Ansatzes zur Spezifizierung auf den ausgewählten Standort.

Abbildung 29 Vorgehen zur Entwicklung eines adaptierten Ultraeffizienzfabrik-Geschäftsmodells

Bei der Recherche stellte sich die Methode des Business Model Canvas als effektive Methode heraus. Diese Methode ist aktuell die am weitesten verbreitete. Und in der Literatur nehmen viele Autoren bei der Geschäftsmodelldiskussion Bezug auf den ersten Veröffentlichungen der Schweizer Osterwalder und Pigneur [32].
Das Business Model Canvas beinhaltet neun Perspektiven, die aus Sicht von Osterwalder und Pigneur relevant sind (Abbildung 30). Im Zentrum steht mit »Wertangebote« der dargebotene Kundennutzen. Rechts davon steht die Kundenperspektive, definiert mittels »Kundenbeziehung«, »Kundengruppen«, sowie den möglichen »Kundenkanälen«. Links findet sich die Bedarfsseite mit den »Kernpartnern«, »Kernaktivitäten« und »Kernressourcen«. Unterhalb werden Kosten und Erträge zusammengeführt.

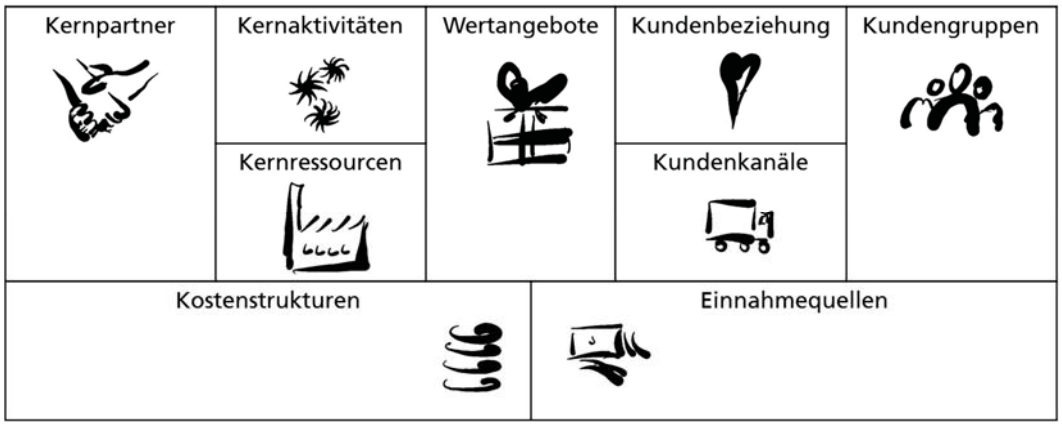


Abbildung 30 Business Model Canvas, ohne Spezifizierung des Anwendungsbereichs, in Anlehnung an [32]

Aktuell herrscht Konsens, dass sich alle Geschäftsmodelle aus 55 Basisgeschäftsmodellen generieren lassen, wenn einfach eine sinnvolle Kombination erzeugt werden kann (Abbildung 31) [29] [30].

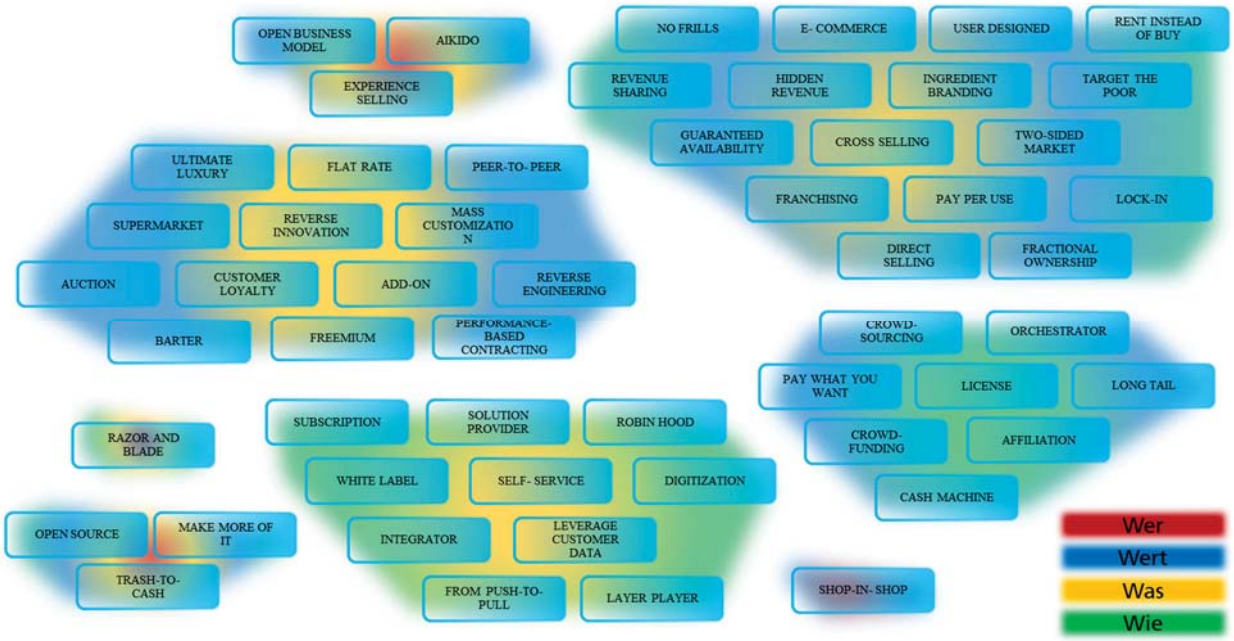


Abbildung 31 Clustering der 55 Kerngeschäftsmodelle nach dem Value-Preprosition-Ansatz [nach 29]

Bei der generischen Erstellung eines Ultraeffizienzfabrik-Geschäftsmodells stellte sich heraus, dass dieser ganzheitliche Ansatz ohne definierte Rahmenbedingungen nicht sinnvoll möglich ist. Basisinformationen, die für eine qualifizierte Entwicklung benötigt werden, sind die Zuordnung der möglichen Standortbetreibergesellschaft sowie des möglichen Dienstleistungsspektrums. Denn auf dieser Grundlage muss für jeden Service ein spezifisches Geschäftsmodell entwickelt werden, welches mögliche Geschäftsbeziehungen ebenso berücksichtigt wie Abhängigkeiten.
Im Rahmen des Projektes sind verschiedene Formate bei verschiedenen Stakeholdern durchgeführt worden. Durch erste Fragebögen konnten standardisiert Informationen gesammelt werden. Durch Folgeveranstaltungen mit verschiedenen Teilnehmergruppen – z.B. Round-Tables mit Vertretern von Verwaltung und lokalen Unternehmen, sowie Interviews und Workshops mit lokalen Vertretern, konnten weitere relevante Informationen gesammelt oder konkretisiert werden (vgl. Kap. 3.1).
Diese Informationen stellten die Basis für die Entwicklung der spezifischen Dienstleistungen für die Realisierung des ultraeffizienten Industriegebietes sowie die zugehörigen Geschäftsmodelle dar.

4.2 Ergebnisse der Geschäftsmodellentwicklung

In Deutschland sind viele Industriegebiete, im Gegensatz zu anderen Ländern der Welt, dezentral organisiert. Damit gibt es oft keine Managementgesellschaft, welche Zugriffs- und Verwaltungsrecht über alle Liegenschaften besitzt [3]. Die Grundstücke sind vielfach von den Unternehmen erworben und werden damit privatrechtlich verwaltet. Eine langfristige, strategische Zusammenarbeit ist damit auf das Wohlwollen der Einzeleigentümer angewiesen.
Eine Standortbetreibergesellschaft sollte zum langfristigen Erfolg somit sowohl von öffentlicher Hand unterstützt, als auch durch die lokal ansässigen Unternehmen getragen werden. Denn nur wenn alle beteiligten den Erfolg des Vorhabens nach Kräften unterstützen, weil sie einen Mehrwert für die Standortentwicklung erkennen, sind die Bemühungen erfolgsversprechend. Zusätzlich werden Zusagen von den Beteiligten auf realistischer Basis getroffen, da die Stakeholder die erfolgreiche Umsetzung gleichermaßen unterstützen.

Aufgrund der am ausgewählten Standort erhobenen Daten und Informationen konnten in diesem Sinne insgesamt 25 Dienstleistungen und Services als Teile des modular aufgebauten, zu entwickelnden Geschäftsmodells identifiziert werden (Tabelle 4).

Tabelle 4 Identifizierte Services des Geschäftsmodells für den ausgewählten Pilotstandort

MATERIAL	ENERGIE	EMISSIONEN	MENSCH / PERSONAL	ORGANISATION
Sharing-Konzept für Fahrzeuge im Industriegebiet (rechtlich aktuell schwierig)	Übergreifendes Energiemanagement	Konzentration von emissionsstarken Prozessen – effektive Emissionsreduktionsmethode	Unternehmensübergreifende Standortgastronomie	Ultraeffizienzberater (Schulung von Unternehmensvertretern)
Gemeinsamer Materialeinkauf	Nutzung der Standortdachflächen für PV	Gemeinsame Kläranlage	Shuttle-System für Mitarbeiter	Konferenz- / Meeting-Infrastruktur
Zentraler Aufbau von Spezialknowhow (bspw. Additive Technologie)	Gemeinsames Kleinkraftwerk	Zentrale Prozesswasseraufbereitung	Bezuschussung von sozialen Einrichtungen am Standort	Gemeinsame Rechenzentrumsarchitektur
Plattform für Produktionskapazitäten (Transparenz zur Optimierung der Auslastung)	Energieaustausch (bspw. Wärme, Druckluft)		Bezuschussung von Bildungsangeboten	Bereitstellung von Unterstützungsdienstleistungen (flexible Inanspruchnahme)
	Umweltzirkel von Verantwortlichen aller Unternehmen		Organisation von Spezialausbildungen	Demonstrationscenter / Testcenter
	Gemeinsame Beschäftigung eines Energieberaters		Onboarding Houses (Temporäre Wohnungen)	Gemeinsamer Nutzung von Software (Software as a Service (SaaS) mittels schneller Datenleitung)

4.3 Detailbetrachtung eines ausgewählten Geschäftsmodells

Zu 14 dieser identifizierten Dienstleistungen und Funktionen wurde jeweils ein Business Model Canvas nach der gleichnamigen Methode erstellt. Diese Services stehen in direktem Bezug zum Standort, wo Bedarfe und mögliche Potenziale erkannt werden konnten. Mit diesem Geschäftsmodell soll ein Anreiz für die langfristige Umsetzung geschaffen werden.

In dem Beispiel eines übergreifenden Energiemanagements stellen alle eingebundenen Unternehmen Daten über dem eigenen Energiebedarf und der verfügbaren Energie bereit (Abbildung 32). Durch eine entsprechende Qualität der Informationen und Daten kann dadurch automatisiert ein Matching zwischen Bedarfen und Verfügbarkeiten hergestellt werden. Basierend hierauf kann ein Energie-Sharing erfolgen. Im ersten Stadium kann aber die Expertenanalyse der Energiedaten helfen, Potenziale für Unternehmensinterne Maßnahmen zu treffen (Abbildung 33).

Emissionen in Unternehmen sind vielfältig. Die Behandlung von Industrieemissionen, wie verunreinigtes Prozesswasser, mit Schad- oder Giftstoffen versetzte Abluft, Lärm, Licht und Gerüche sind aufwendig und kostspielig. Durch die Kooperation und dem genauen Wissen über mögliche Emissionen können durch gemeinsame Behandlung die Aufwendungen eines einzelnen Unternehmens optimiert werden (Abbildung 34).

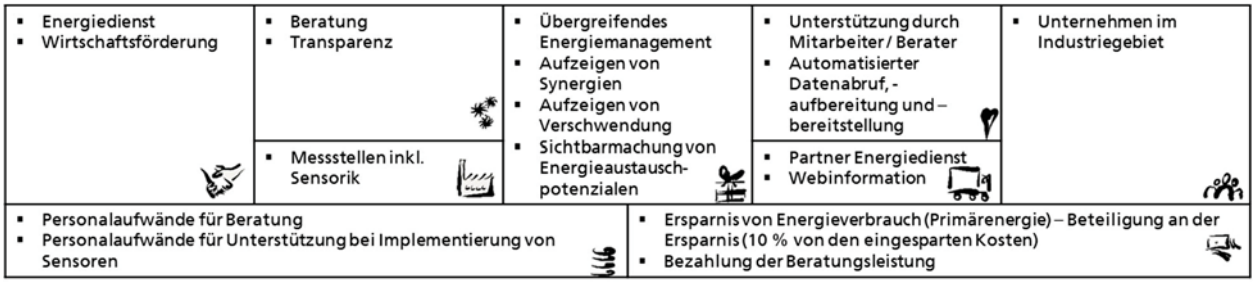


Abbildung 32 Service »Übergreifendes Energiemanagement«

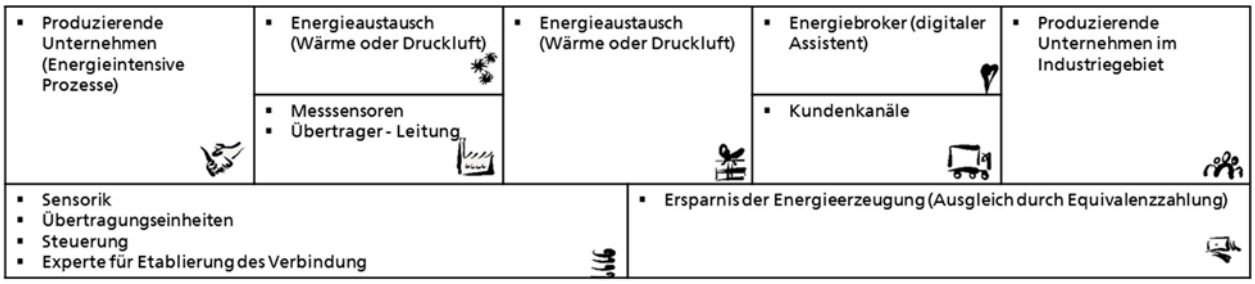


Abbildung 33 Service »Energieaustausch«

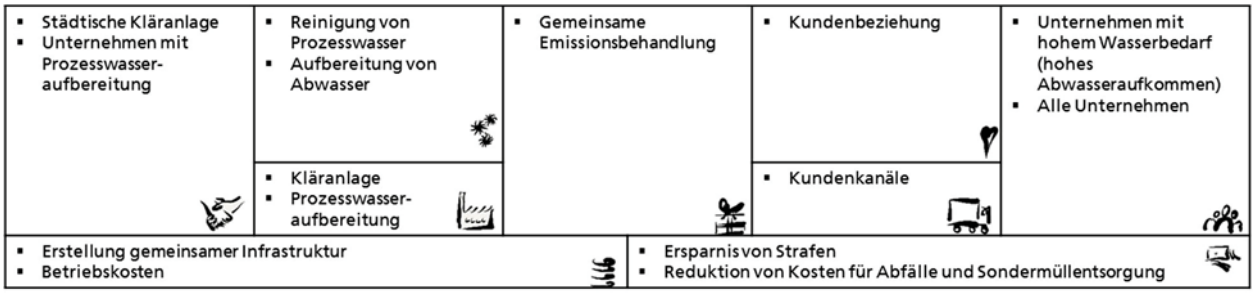


Abbildung 34 Service »Gemeinsame Kläranlage und Wasseraufbereitung«

Eines der Ziele der deutschen Energiewende besteht in der Umstellung der Energieerzeugung über die Zeit auf regenerative Energien. Nur wenn die Energieerzeugung vollständig nachhaltig erfolgt, kann ein wesentlicher Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden. Solarbasierte Energieerzeugung benötigt Fläche, die damit für andere Nutzungsarten nicht mehr zur Verfügung steht. Viele Dachflächen in Industriegebieten sind anders als Wohngebäude flach geneigt, was eine flexible Nutzung erlaubt. Die Nutzung der Dachflächen der Industriegebäude für Energieerzeugung würde keinen zusätzlichen Flächenverbrauch bedeuten, aber gleichzeitig auf die Nachhaltigkeit einzahlen (Abbildung 35).

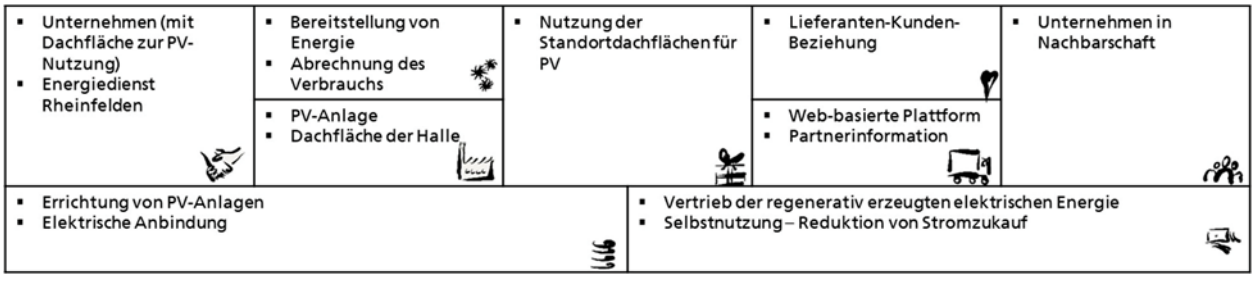


Abbildung 35 Photovoltaik auf ungenutzten Dachflächen

Unternehmen ergreifen infolge von Regularien, oder zur Erhaltung von Unternehmenswerten und auch für die Außendarstellung immer wieder Maßnahmen zur Steigerung der Umweltverträglichkeit, der Effizienz, der Nachhaltigkeit und ähnlicher Aspekte. Meist sind diese Aktivitäten zwar in Nachhaltigkeitsberichten erwähnt, aber selten werden Herausforderungen und Vorteile im Detail kommuniziert. Durch geeignete Austausch-

formate kann genau das ermöglicht werden. Verantwortliche für verschiedene Themenbereiche können sich über eine neutrale Plattform austauschen (Abbildung 36). Aber auch Impulse können durch Einbindung von Experten gesetzt werden, z.B. bei der voraussichtlichen Veränderung der Gesetzeslage.

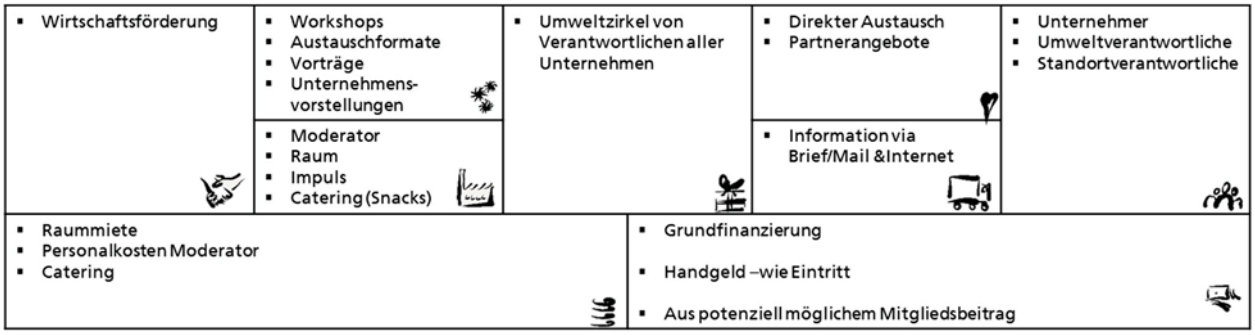


Abbildung 36 Informationsaustausch zu Ultraeffizienz am Standort oder regional

In vielen Unternehmen wird über Jahrzehnte hinweg Spezialwissen erzeugt, ausgebaut und genutzt. Dieses Spezialwissen liegt insbesondere für spezifische Technologien oder Prozesse vor. Teilweise müssen Unternehmen diese Spezialwissen erst aufbauen, wenn sie neu in eine Technologie einsteigen oder sie kaufen es zu. Bei Prozessen, die innerhalb eines Industriegebiets bereits in Anwendung sind, kann das Wissen geteilt und gemeinsam genutzt werden (Abbildung 37). Ebenso könnten neue Technologien gemeinsam zentral aufgebaut werden und für die Nutzung zur Verfügung stehen, z.B. additive Technologien, Block Chain, Industrie 4.0, künstliche Intelligenz oder gar Umweltaspekte.

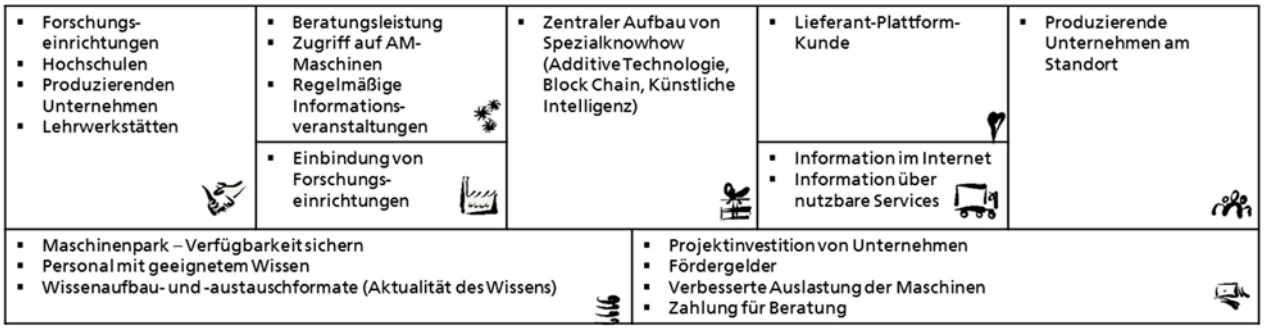


Abbildung 37 Zentrales Spezialwissensaufbau und Sharing

Am ausgewählten Pilotstandort ist der Wohnungsmarkt, sowohl Mietmarkt als auch Käufermarkt, angespannt. Dies stellt eine Herausforderung für neu zu akquirierende Mitarbeiter. Hinzu kommt die geografische Lage, ein Grund für eine verkehrstechnisch schwierige Anbindung. Dies führt zu besonderen Herausforderungen in der Mitarbeiterakquise und der Mitarbeiterbindung. Um diese Herausforderung zu überbrücken, kann das Angebot von temporärem Wohnraum für neue Mitarbeiter, Azubis und Studierende eine Lösung darstellen (Abbildung 38). Da aber nicht alle Unternehmen gleichzeitig Bedarf an temporären Wohnraum haben, könnte eine gemeinsam genutzte Menge eine optimale Nutzung unterstützen.

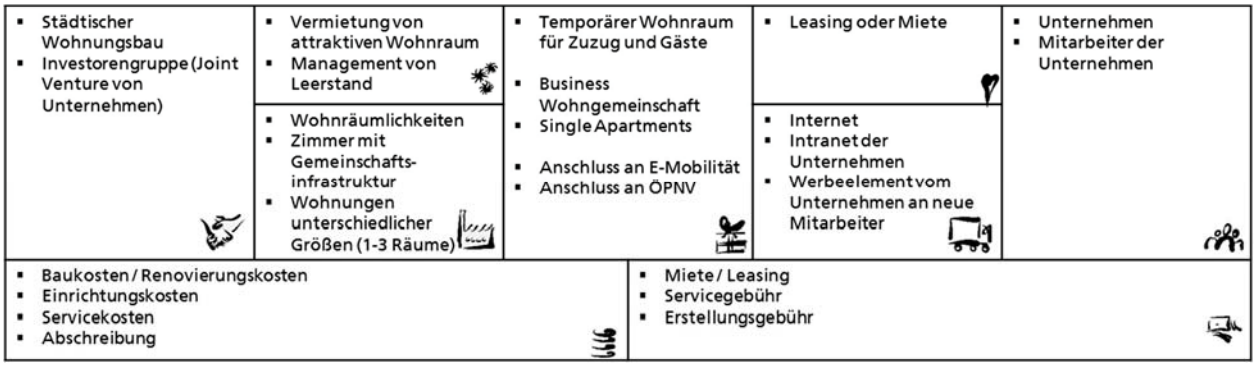


Abbildung 38 Boarding House oder temporäre Wohnungen

Die Mittagspause wird von Mitarbeitern unterschiedlich verbracht. Nur 14 % der Mitarbeiter nehmen ihre Mahlzeit in der Kantine zu sich. Ein Grund dafür ist auch, dass nicht immer die Möglichkeit besteht, da diese nicht vorhanden ist [34]. Es mag für kleinere Unternehmen weder wirtschaftlich, noch vom Aufwand sinnvoll sein, eine Kantine einzurichten, aber mehrere kleine Unternehmen können in Kooperation ein attraktives Gastronomieangebot schaffen (Abbildung 39). Die Verfügbarkeit eines abwechslungsreichen, attraktiven und bezahlbaren Essensangebotes kann sich positiv aufs Unternehmensklima auswirken.

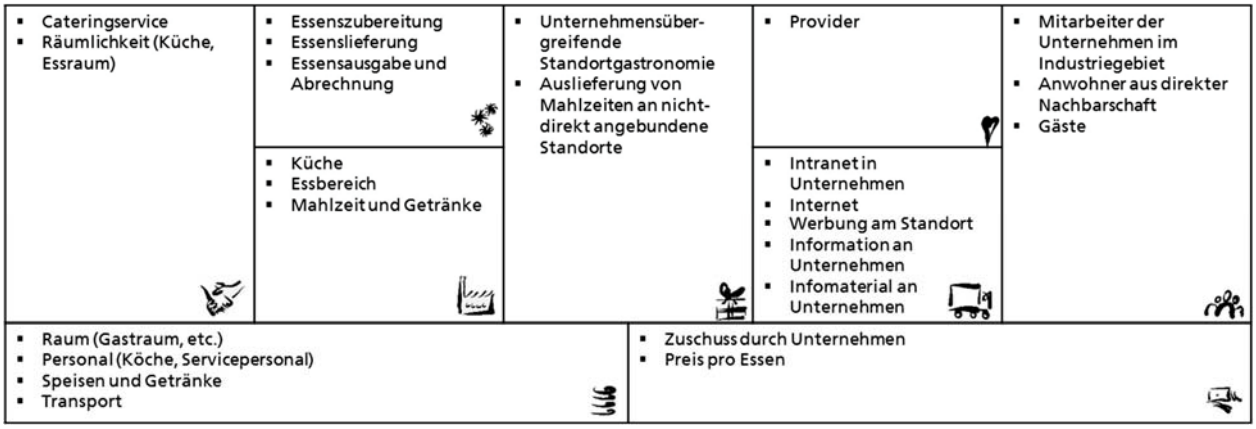


Abbildung 39 Gemeinsames Gastronomieangebot am Standort

Die Schulung von Mitarbeitern ist einerseits gesetzlich gefordert (z.B. Sicherheitsschulungen) oder wichtig für Unternehmen zur Weiterentwicklung des Personals. Vielfach starten Unternehmen unabhängig voneinander Bemühungen, um die Schulungen zu organisieren und den Mitarbeitern anzubieten. Oder es werden Schulungen in externen Weiterbildungseinrichtungen gebucht. Um dabei Kosten zu sparen sowie die Effizienz von Weiterbildungsmaßnahmen zu steigern, bietet sich in Industriegebieten eine kooperative Weiterbildung sehr gut an (Abbildung 40).

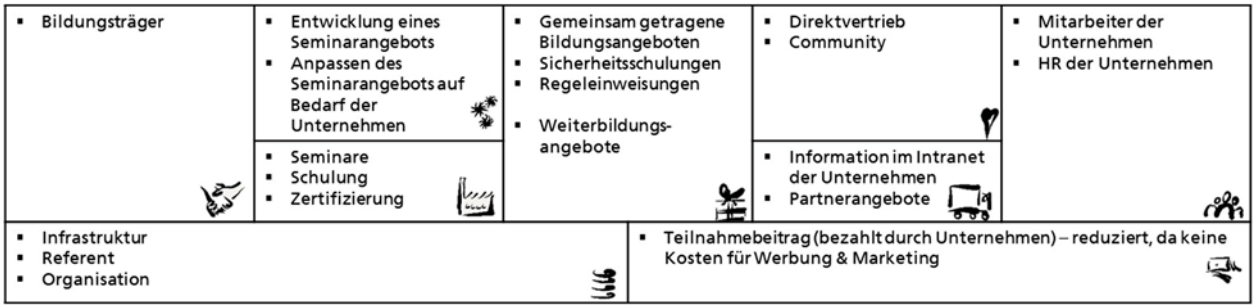


Abbildung 40 Kooperative Weiterbildung

Zur Durchführung von Meetings, kleineren Konferenzen und Schulungen sind meist entsprechende Räumlichkeiten und Dienstleistungen notwendig. Aber die Nutzung erfolgt meist nicht effizient. Denn die Räume werden nicht optimal ausgenutzt. Durch die Schaffung eines Pools an gemeinsamen Räumlichkeiten für spezielle Anwendungen, könnte die Ausnutzung der Räume und Infrastruktur optimiert werden (Abbildung 41). Denn abhängig von Bedarf können die optimale Nutzung und Auslastung gesteuert werden, ebenso die begleitenden Dienstleistungen.

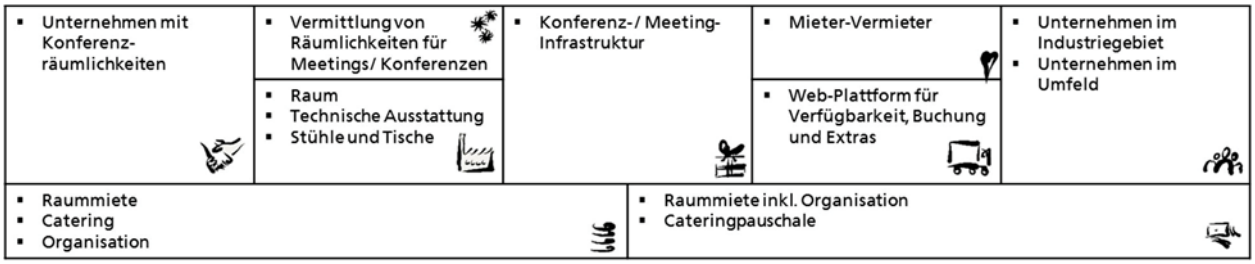


Abbildung 41 Gemeinsam nutzbare Konferenz- und Meeting-Services

Aktuelle Umfragen zeigen, dass 64 % der Mitarbeiter immer noch das Automobil täglich und häufiger während der Woche für den Arbeitsweg nutzen [33]. Damit sind die Unternehmen gefordert, entsprechend Parkflächen auszuweisen und bereitzuhalten. Erfolgt dies nicht in ausreichendem Maße, werden Straßenflächen dafür genutzt oder dies kann zu Mitarbeiterfluktuation führen. Aus Befragungen gehen die Qualität, Pünktlichkeit, zeitliche Aufwendungen und Kosten als Argumente für die Nutzung des PKW hervor [33]. Das Angebot zur Einrichtung eines gemeinsamen Shuttle-Services für Industrie- und Gewerbegebiete mit möglichst optimierten Zeit- und Kostenaufwendungen für Mitarbeiter und ansässigen Unternehmen könnte diese Herausforderung adressieren (Abbildung 42). Weitere Vorteile neben den reduzierten Emissionen, wären auch eine Verbesserung der Verkehrsflüsse sowie des Bedarfs an Parkplätzen.

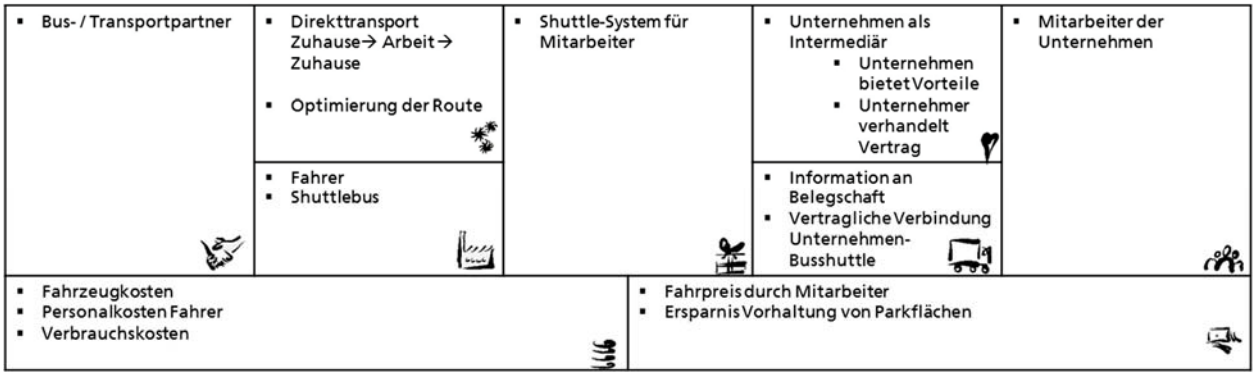


Abbildung 42 Gemeinsames Shuttle-System für Mitarbeiter in einem Industriegebiet

Aufgrund der immer weiter steigenden Datenmengen, welche in Unternehmen erzeugt, verarbeitet, ausgewertet und gespeichert werden, haben viele Unternehmen bereits Rechenzentren. Diese Räume sind üblicherweise gut bewacht, verschlossen, energieintensiv gekühlt und teuer. In diesen Zentren lagern alle digital erzeugten Daten, Informationen und Wissen der Unternehmen. Deshalb und aufgrund der technischen Anforderungen werden die Räumlichkeiten konstant gekühlt und belüftet. Um Brandschäden zu minimieren und die Daten im Löschfall nicht zu zerstören, werden aufwändige Brandschutzmaßnahmen getroffen. Nicht jedes Unternehmen ist in der Lage, diese Aufwendungen zu realisieren. Durch die Errichtung eines zentralen Rechenzentrums in Industriegebieten könnten diese Aufwendungen pro Unternehmen optimiert und eine Lösung ähnlich einer »Private Cloud« realisiert werden (Abbildung 43).

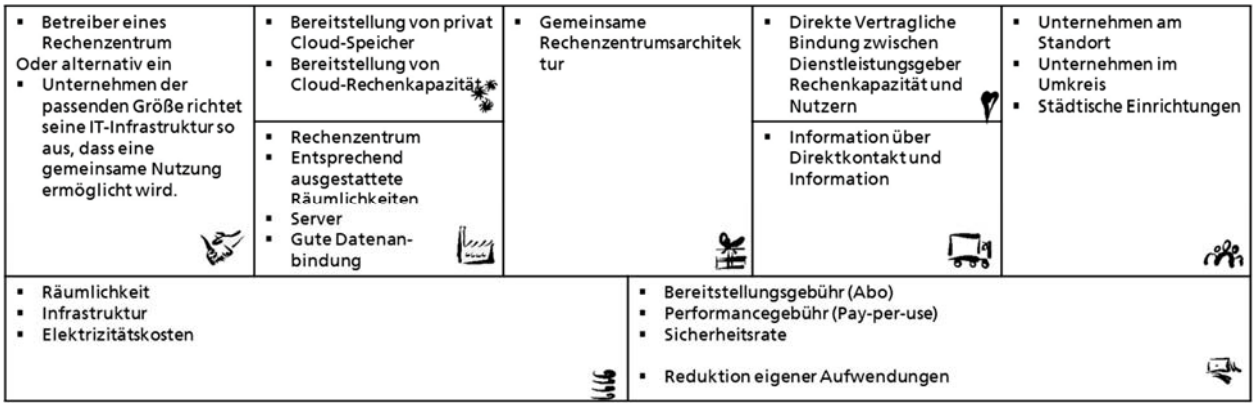


Abbildung 43 Bündelung von Infrastrukturen für Rechenzentren

Produktionskapazitäten von Unternehmen sind oft ausgelastet und die Unternehmen suchen nach Möglichkeiten, Auftragsspitzen auszugleichen. Entweder verlängern sich dabei Lieferzeiten oder Baugruppen werden bspw. extern eingekauft. Diese Reaktion ist aber oft nicht innerhalb der benötigten Zeit möglich. Eine mögliche Effizienzlösung dafür wäre der Zugriff auf Produktionsanlagen von Nachbarsunternehmen, welche vielleicht gerade nicht benötigt werden. Über einen »Produktionskapazitätsbroker« können verfügbare Kapazitäten identifiziert und verfügbar gemacht werden (Abbildung 44). Damit können bestehende Produktionskapazitäten besser ausgelastet und optimal betrieben werden.

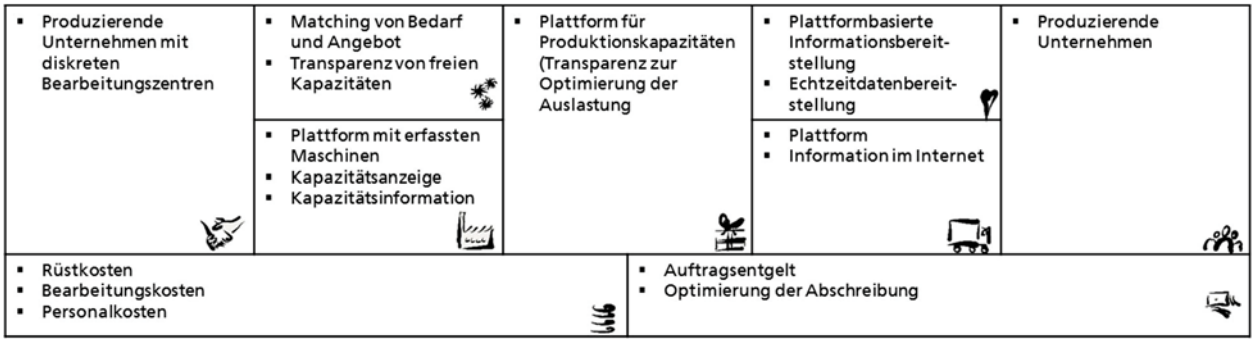


Abbildung 44 Sharing von Produktionskapazitäten – »Produktionsverbund«

Unternehmen mit großen Werksgelände oder einer großen Anzahl an Mitarbeitern mit Außendienst-Tätigkeit haben einen Unternehmensinternen Fuhrpark. Der Zugriff auf diese Fahrzeuge kann auch kleineren Unternehmen nützlich sein, da sie keine Vorhaltung solcher Kapazitäten sicherstellen müssen. Die Fahrzeuge können optimal ausgelastet bzw. ähnlich einem Shared-Auto-Konzept vermarktet und distribuiert werden (Abbildung 45). Durch die Erfassung aller Fahrzeugtypen können auch Statistiken über Fahrstrecken, Auslastung und prädiktive Erkenntnisse erzeugt werden. All dies kann das Flottenmanagement und die optimale Auslastung unterstützen.

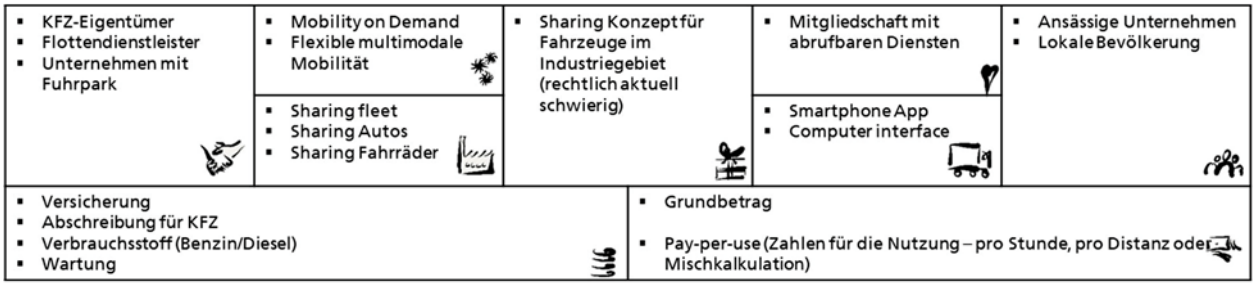


Abbildung 45 »Car-Sharing« für Dienst- und Fabrikfahrzeuge

Auf Basis dieser Geschäftsmodell-Services muss gemeinsam mit den Unternehmen am Standort eine Priorisierung vorgenommen werden. In Folge der Priorisierung kann eine Detailbeschreibung der Services und Dienstleistungen erfolgen. Damit werden Umfänge, Leistungsspektrum und Risiko zusammengeführt. Durch diese Detaillierung kann über das Ertragsmodell im Detail gesprochen werden. Es zeichnet sich jedoch ab, dass eine Art Kombination zwischen Grundbetrag (Flatrate-Anteil) und einem Leistungsbezogenen Ertragsmodell (bspw. Pay-per-Use) größtmögliche Chancen besitzt, erfolgreich zur langfristigen Umsetzung beizutragen.

5 Ganzheitliches Konzept zum Aufbau stadtnaher Industriestandorte im Sinne der Ultraeffizienz

Das übergeordnete Ziel der Untersuchungen zu ultraeffizienten, stadtnahen Industriegebieten bestand in der Aufstellung eines ganzheitlichen Konzeptes zum Aufbau stadtnaher Industriestandorte im Sinne der Ultraeffizienz. Gekoppelt mit dem untergeordneten Ziel der Identifizierung dafür geeigneter Gewerbe- und Industriegebiete sowie Kommunen in Baden-Württemberg, entstand während der beschriebenen Forschungstätigkeiten der Ansatz, das zu entwickelnde ganzheitliche Konzept dementsprechend am Beispiel des ausgewählten Standortes aufzustellen. Die Grundlagen dafür lieferten das Vorgehen zur Auswahl eines geeigneten Industriestandortes (vgl. Kapitel 3.1) sowie die Ergebnisse der Untersuchungen zu bestehenden industriellen Symbiose-Effekten am ausgewählten Standort (vgl. Kapitel 3.2 und 3.3).
Das erstellte Konzept beinhaltet einerseits die identifizierten *potenziellen* Symbiose-Beziehungen zwischen den einzelnen Unternehmen sowie zwischen den Fabriken und dem urbanen Umfeld am untersuchten Standort in allen fünf Handlungsfeldern (vgl. Kapitel 3.4). Andererseits wurden aufgrund der ausgewerteten standortspezifischen Daten, am Beispiel des ausgewählten Standortes, allgemeine, übertragbare Maßnahmen zur Steigerung der Gesamteffizienz bzw. zum Ausbau von Symbiose-Effekten im Sinne der Ultraeffizienz abgeleitet und entwickelt. Diese Maßnahmen zeigen Möglichkeiten der Integration aktueller Ergebnisse angewandter Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten in Industrie- und Gewerbegebiete, um deren Gesamteffizienz zu steigern, wobei es sich konkret um spezifische Technologien, Strategien und angewandte Forschungsansätze handelt. Diese allgemeinen Maßnahmen zur Steigerung der Gesamteffizienz eines stadtnahen Industriestandortes bzw. zum Ausbau der Symbiose-Effekte im Sinne der Ultraeffizienz wurden während zweier Workshops unter Teilnahme von Fraunhofer-Experten aus den Bereichen ressourcen- und energieeffizienter Produktion am 27.03.2019 und 29.04.2019 abgeleitet und validiert. Die Inhalte des somit aufgestellten Konzeptes zum Aufbau stadtnaher Industriestandorte im Sinne der Ultraeffizienz werden im Folgenden erläutert.

5.1 Maßnahmen zum Ausbau von Symbiose-Effekten im Sinne der Ultraeffizienz

Ergänzend zu den abgeleiteten und beschriebenen konkreten Potentialen zur Effizienzsteigerung am ausgewählten Standort, beinhaltet das erstellte Konzept zum Aufbau stadtnaher Industriestandorte im Sinne der Ultraeffizienz außerdem entsprechend allgemein übertragbare Maßnahmen zum Ausbau von industriellen Symbiose-Effekten in jedem der fünf betrachteten Handlungsfelder. Diese Maßnahmen sind einerseits als Handlungsempfehlungen zur Steigerung der Gesamteffizienz in Industriegebieten zu betrachten, andererseits stellen sie durch ihre jeweils in jedem Handlungsfeld notwendige Implementierung Anforderungsprofile an Ultraeffizienzfabriken zum Aufbau stadtnaher Industriegebiete dar. Eine Realisierung solcher Standorte setzt allerdings eine Erfüllung sämtlicher im Sinne der Ultraeffizienz aufgestellten Anforderungsprofile voraus.
Die meisten der im Folgenden entsprechend an dem Fallbeispiel des ausgewählten Standortes näher erläuterten Maßnahmen besitzen somit eine hohe Übertragbarkeit auf beliebige, standortunabhängige, sowohl bestehende, als auch geplante Industrie- und Gewerbegebiete.

Anforderungsprofil Energie

Bezeichnung	**NRG 1**
Maßnahmentitel	**Ausbau des Abwärmeverbundes am Standort**
Beschreibung	Laut einer Studie von Frost & Sullivan [36] greift die Thematik *Abwärme* drei aktuelle Megatrends auf: Urbanisierung, null Emissionen im Energiesektor und zukünftige nachhaltige Energieversorgungssysteme. In der deutschen Industrie bestehen hohe Potenziale sowohl in der Abwärmenutzung, als auch in der Wärmerückgewinnung [36] [60]. Die am Standort bereits vorbildhaft umgesetzte bzw. geplante Nutzung der industriellen Abwärme zur Beheizung von Schulen, Stadtbädern, anderen öffentlichen Gebäuden und auch Haushalten (vgl. Kap. 3.3) kann darüber hinaus um unternehmensübergreifende Wärmekreisläufe in den Industriegebieten ergänzt werden. Einerseits besitzen Unternehmen C und H, über bestehende Kreisläufe hinaus, einen weiteren Wärmebedarf,

andererseits besteht bei Unternehmen A, B, D, und F weiterhin ein ungenutzter Wärmeüberschuss (vgl. Kap. 3.3), welche somit noch optimal, in verschiedenen Temperaturniveaus miteinander verknüpft werden können.
Des Weiteren besteht die Möglichkeit, die industrielle Abwärme durch innovative Ansätze für die Pflanzenproduktion am Standort hocheffizient einzusetzen und dadurch nicht nur die Gesamteffizienz des Industriegebietes, sondern auch die Energieeffizienz des urbanen Raumes am ausgewählten Standort nachhaltig zu steigern. Nähere Details zum Ansatz sind der Maßnahme EMS 2 (Anforderungsprofil Emissionen) zu entnehmen.
Eine konkrete technologische Möglichkeit der effizienten Nutzung von Abwärme in energieintensiven Unternehmen liefert ein innovatives Unternehmen bereits marktreif in Form des bereits länger bekannten, jedoch erst jüngst technologisch umgesetzten Prinzips des Wärmetransformators (vgl. Abbildung 46).

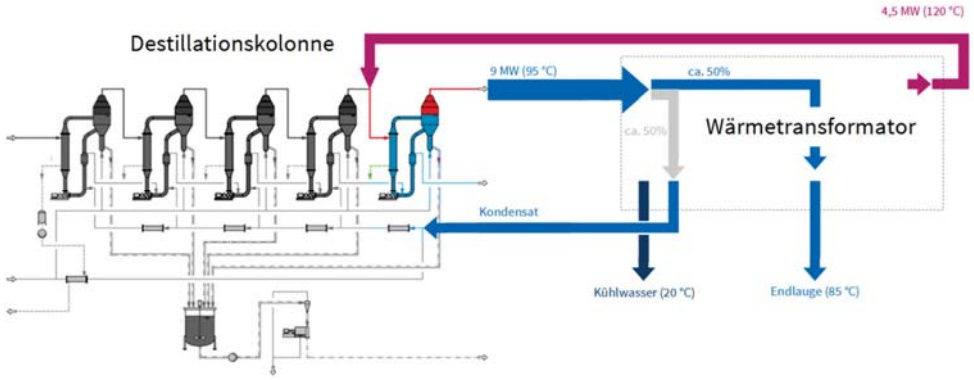


Abbildung 46 Beispiel der Einbindung des Wärmetransformators in einen Prozess [38]

Spezielle Absorptions- und Desorptionsprozesse werden eingesetzt, um dabei freiwerdende Kondensationswärme ohne zusätzlichen Energieaufwand zur Dampfherstellung zu nutzen. [37] [38] Diese Technologie kann am ausgewählten Standort aufgrund des hohen Dampfbedarfes verschiedener Unternehmen zur unternehmensübergreifenden Steigerung der Energieeffizienz erfolgreich eingesetzt werden.
Ein weiterer Anwendungsfall der industriellen Abwärmenutzung besteht in der effizienten Kälteerzeugung aus Überschusswärme bspw. für die Kunststoffherstellung mittels Adsorptionskälteaggregaten [39]. Eine derartige Anwendung kann somit am ausgewählten Standort nicht nur unternehmens-, sondern auch branchenübergreifend umgesetzt werden.
In dem potenziellen Szenario einer doch fluktuierenden Verfügbarkeit industrieller Abwärme am Standort, bspw. während geplanter Wartungsarbeiten oder eintretender Ausfälle besteht außerdem die Möglichkeit, folgende redundante Ansätze und Technologien anzuwenden bzw. einzusetzen:

- Ein hohes Potenzial zur Wärmerückgewinnung besitzt das allgegenwärtige Abwasser, oft im industriellen Bereich thermisch belastet; dieses kann mittels Wärmeentzug, -erzeugung und -verteilung bspw. in Heizzentralen mit Wärmepumpen und BHKW/Kesseln zur Klimatisierung von Gebäuden und/oder Warmwasseraufbereitung genutzt werden; ein Best-Practice-Beispiel dazu im urbanen Raum wurde aktuell in Stuttgart umgesetzt [40]; am ausgewählten Standort besteht bei Unternehmen B hohes Potenzial zur Abwärmenutzung aus thermisch belastetem Abwasser.
- Um eventuelle Schwankungen in der Versorgung von thermischer Energie abzufedern, können thermische Speichertechnologien angewendet werden; diese unterscheiden sich nach ihrem zeitlichen Einsatz und Verwendungszweck: bspw. Kurzzeitwärmespeicher, die Wärme zentral speichern und diese i.d.R. bis zum nächsten Tag verteilen können; wöchentliche oder monatliche Speicher, die bis zu einem Monat Wärme auf einem höheren Temperaturniveau liefern können; große, saisonale Wärmespeicher, die Wärme saisonübergreifend auf einem i.d.R. niedrigeren Tempe-

	raturniveau speichern können; Multifunktionsspeicher, in die mehrere Wärmequellen mit unterschiedlichen Temperaturstufen integriert sind und die für unterschiedliche Zeiträume verwendet werden können [41] [42]; Am ausgewählten Standort empfiehlt es sich, speziell im Anwendungsfall des Ausbaus der Wärmeauskopplung an der Schnittstelle Industrie-Haushalte einen entsprechenden Wärmespeicher vorzusehen, um eine kontinuierliche Wärmeversorgung gewährleisten zu können; Anwendungen für Kältespeicher am Standort konnten während der hier beschriebenen Untersuchungen nicht identifiziert werden, es ist jedoch nicht auszuschließen, dass künftig ein Bedarf dafür entstehen kann. - Eine weitere technologische Möglichkeit zur Gewährleistung einer kontinuierlichen Versorgung mit thermischer Energie – sowohl für Heizung, als auch für Kühlung –, v.a. für industrielle Niedertemperaturanwendungen und/oder Niedrig-Energie-Haushalte, besteht in dem Einsatz von Wärmepumpen auf Basis von erneuerbaren Energiequellen (vgl. NRG 2). - Ebenfalls zur regenerativen Versorgung mit Heiz- und Kühlenergie an dem ausgewählten Standort – sowohl der Industrie, als auch der Stadt –, besteht die Möglichkeit des Einsatzes einer hocheffizienten Technologie – die Solarthermie (vgl. NRG 2). Des Weiteren besteht übergeordnet das Potenzial, seitens der Stadt eine Teilnahme an dem jährlich vom Bundesumweltministerium und vom Deutschen Institut für Urbanistik ausgeschriebenen Wettbewerb »Klimaaktive Kommune« anzustreben. Im Jahr 2019 wurde dabei bspw. die Stadt Freiburg im Breisgau für ihr Konzept gegen Hitzebelastung in der Kategorie »Anpassung an den Klimawandel« mit einem entsprechenden Preis ausgezeichnet. Dabei sollen neue Wohnquartiere so entstehen, dass sie auch während Perioden mit höheren Temperaturen gesunde Lebensbedingungen bieten. Das Konzept beinhaltet Aspekte von der Analyse möglicher Probleme bis hin zu konkreten Anpassungsmaßnahmen. [43] An dem untersuchten Standort wurde in Hinsicht auf das Wärmemanagement bereits in dem vorliegenden kommunalen Klimaschutzkonzept der Stadt eine Sondierung des Wärmenetzes empfohlen bzw. auf Rang fünf priorisiert. Dabei sollen hohe THG-Einsparungen ohne entstehende Kosten für die Stadt, langfristig erzielt werden können [35].
Potential zur Effizienzsteigerung	Steigerung der Energie- und Raumeffizienz bei Industrie und Haushalten, Reduktion von Emissionen, Steigerung der Akzeptanz am Standort, Kosteneinsparung
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort, Stadt, Energieversorger, Einwohner
Technologie / Strategie	Verschiedene Technologien zur Abwärmenutzung, Wärmerückgewinnung und thermische Speicher / Transparenzschaffung, Vernetzung am Standort

Bezeichnung	**NRG 2**
Maßnahmentitel	**Ausbau der erneuerbaren Wärmeerzeugung am Standort**
Beschreibung	Ergänzend zur Maßnahme NRG 1 kann das Wärmemanagement des untersuchten Standortes durch einen Ausbau der lokalen, erneuerbaren Wärmeerzeugung vor Ort optimiert werden. Eine erste konkrete Möglichkeit besteht in der Errichtung von Biogasanlagen bzw. Biomassekraftwerken, in denen i.d.R. regionale, biologische Reststoffe aus Land- und Forstwirtschaft sowie aus dem umgebenden urbanen Raum als Energieträger effizient und umweltverträglich eingesetzt werden können. Dadurch werden nicht nur der Erdgasverbrauch von Stadt und Industrie und somit die lokalen Emissionen reduziert, sondern auch die Gärreste als Düngemittel für die lokale Landwirtschaft in einem Materialkreislauf geführt. Als direkte Anwendung solcher Rohstoffe wurde der Einsatz von am anliegenden Laufwasserkraftwerk in hohen Mengen vorkommenden Geschwemmsel identifiziert, das aktuell am anderen Ufer des fließenden Gewässers als Abfall entsorgt wird. Diese biologischen Reststoffe können bei Bedarf mittels Abwärme (vgl. NRG 1) getrocknet und in einer Biomasseanlage als alternative Energieträger eingesetzt werden. Diese und die weiter oben genannten biologischen Reststoffe am ausgewählten Standort können darüber hinaus, neben den klassischen Anwendungen der effizienten Kraft-

Wärme-Kopplung (KWK), auch in holzbasierten KWK-Anlagen mittels einer hocheffizienten, sogenannten Holz-Kraft-Technologie zur Strom- und Wärmeerzeugung durch Holzvergasung [44] eingesetzt werden.
Eine weitere Einsatzmöglichkeit von Biomasse zur Wärmeerzeugung am ausgewählten Standort besteht in der Klärschlammverbrennung bzw. -vergasung. Nach dem sogenannten Prinzip »Sludge-to-Energy« können somit die Reststoffe der Kläranlage am untersuchten Standort durch Trocknung, Pyrolyse, Vergasung und schließlich Verbrennung ebenfalls zu einer sehr effizienten und nachhaltigen Wärmeerzeugung beitragen [45].
Der Einsatz von nachhaltigem Biogas findet sich außerdem ebenfalls in dem kommunalen Klimaschutzkonzept der Stadt als Handlungsoption wider. Mit hohen möglichen THG-Einsparungen, geringen Kosten für die Stadt und einer mittelfristigen Umsetzbarkeit wurde diese Handlungsoption auf Rang drei priorisiert. Des Weiteren soll die Errichtung eines Biomassezentrums mit mittleren Kosten für die Stadt mittelfristig umsetzbar sein und indirekt mögliche THG-Einsparungen erzielen. [35]
Eine weitere, bereits unter NRG 1 erwähnte, hoch effiziente Wärmeerzeugungstechnologie auf Basis von erneuerbaren Energiequellen ist die Wärmepumpe. Diese dezentrale, i.d.R. grundlastfähige Technologie kann u.a. die Umgebungsluft, das Erdreich, das Grundwasser oder sogar Oberflächengewässer sowohl als Wärmequelle, als auch als -senke nutzen, um ein entsprechendes Nutzenergieniveau (Heizen oder Kühlen) zu sichern [46]. Am ausgewählten Standort können somit sowohl die oberflächennahe Geothermie (Erdreich, Grundwasser), als auch das angrenzend fließende Gewässer als erneuerbare und hocheffiziente Wärmequellen und/oder -senken genutzt werden. Dieses Konzept, neben vielen anderen Effizienzmaßnahmen im Gebäudebereich, wurde bereits in dem untersuchten Industriegebiet erfolgreich umgesetzt [47].
Auch in dem kommunalen Klimaschutzkonzept der Stadt wurde dieses Potenzial erwähnt, wo außerdem auch die tiefe Geothermie (Tiefen von ca. 3.000 m) als mögliche erneuerbare Energiequelle (Wärme und Strom) am Standort genannt wurde [35].
Ebenfalls zur erneuerbaren, dezentralen Erzeugung von Heiz- und Kühlenergie kann eine an dem untersuchten Standort sehr intensiv vorkommende Energiequelle genutzt werden. Nach Angaben der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) liegt der gemessene und berechnete mittlere jährliche spezifische Sonneneinstrahlungswert für die untersuchte Region bei 1.138 kWh/m²; damit gehört dieser Wert zu den höchsten in Deutschland [48]. Darin besteht ein hohes Potenzial zur effizienten und regenerativen Erzeugung von thermischer Energie am Standort, sowohl für Industrie, als auch für Stadt und deren Einwohner. Aktuelle Solarkollektortypen können Wärmeenergie in Temperaturbereichen von bis zu 250 °C und sogar darüber liefern (vgl. Abbildung 47).

Abbildung 47 Solarkollektortypen für solare Prozesswärme [49]

Eine der am besten geeigneten Industriebranchen zum Einsatz dieser Technologie ist laut einer Studie der Universität Kassel die chemische Industrie [50]. Vor diesem Hintergrund besitzt das hier untersuchte Industriegebiet ein sehr hohes Potenzial, die Prozesswärmeerzeugung zumindest anteilig von fossil auf regenerativ und hocheffizient umzustellen.

Potential zur Effizienzsteigerung	Steigerung der Energie- und Materialeffizienz von Industrie und Stadt, Reduktion von Emissionen, Steigerung der Akzeptanz am Standort, Kosteneinsparung
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort, Stadt, Energieversorger, Akteure aus dem Bereich der Abfallentsorgung und -verwertung sowie aus Land- und Forstwirtschaft
Technologie / Strategie	Biogaserzeugung, Kraft-Wärme-Kopplung, Holzvergasung, Klärschlammvergasung und -verbrennung, Wärmepumpe, oberflächennahe und tiefe Geothermie, Solarthermie / Vernetzung am Standort, Kreislaufschließung, Dekarbonisierung der Energieerzeugung

Bezeichnung	**NRG 3**
Maßnahmentitel	**Ausbau des Stromverbundes sowie der erneuerbaren -erzeugung am Standort**
Beschreibung	Am ausgewählten Standort bestehen bereits symbiotische Wechselwirkungseffekte zwischen einigen Unternehmen im Bereich der Stromerzeugung, -verteilung und -nutzung (vgl. Kap. 3.3). Über diese bestehenden Effekte hinaus wurde während der Untersuchungen eine weitere konkrete Möglichkeit zur Vernetzung am Standort bzgl. einer gemeinsamen regenerativen Stromerzeugung (mittels PV-Anlagen) bzw. -nutzung identifiziert (vgl. Kap. 3.4). Eine weitere Erkenntnis zeigte, dass aufgrund des gut ausgelasteten anliegenden Laufwasserkraftwerks, aber auch von weiterhin fossil betriebenen KWK-Anlagen am Standort, grundsätzlich zu vielen Zeitpunkten ein Stromüberschuss im Industriegebiet vorhanden ist. Um diese Situation zum Vorteil für alle Beteiligten zu nutzen, sowie die Energieeffizienz und die Nachhaltigkeit des untersuchten Standortes gesamtheitlich zu steigern, werden folgende konkreten Maßnahmen empfohlen: - Die bereits unter NRG 2 erwähnte, sehr hohe Sonneneinstrahlung in der Region des untersuchten Standortes [48] kann vor Ort ebenfalls eine alternative Grundlage für eine hocheffiziente, regenerative Stromversorgung bilden. In Kombination mit den unter NRG 2 beschriebenen Technologien liefert dieser Ansatz somit ein hohes Potenzial zum Ersatz der zurzeit über gasbetriebene KWK-Anlagen fossil erzeugten elektrischen Energie in dem Industriegebiet. Der Ausbau der solarbasierten Stromerzeugung am Standort wurde ebenfalls in dem kommunalen Klimaschutzkonzept der Stadt als Handlungsoption genannt [35] und kann konkret in Form von Aufdach- oder Freiflächenanlagen, sowohl im Industriegebiet als auch im urbanen Umfeld umgesetzt werden. Dafür müssen die genauen verfügbaren Flächen in einem nächsten Schritt ermittelt werden. Die eintretenden Schwankungen in diesem Stromversorgungskonzept können sowohl durch den Einsatz von verschiedenen Stromspeicherarten, als auch durch die Synchronisation und energetisch flexible Ausrichtung der Industrieprozesse auf eine fluktuierende Energieversorgung abgefangen werden [51]. Somit wird nicht nur eine Steigerung der Energieeffizienz, sondern auch der Energieflexibilität des Industriegebietes und dessen urbanen Umfeldes übergreifend erzielt. - Als Anwendung auf Industriegebietsebene bietet konkret die Redox-Flow-Speichertechnologie eine sehr gut skalierbare Lösung zur Flexibilisierung des Energieeinsatzes. Diese reversible elektrochemische Technologie bringt eine Reihe von Vorteilen, wie hohe Zykluszahlen, einfaches und modulares Zell-Design, hohe mögliche Speicherkapazitäten, leicht vermeidbare Selbstentladung, hohe Reaktionszeiten, gute Umweltverträglichkeit und niedriger Wartungsaufwand. [52] Eine Redox-Flow-Batterie bietet somit die Möglichkeit, das Netz innerhalb des Industriegebietes zu stabilisieren, das Spannungsniveau zu glätten und überschüssige Energie oder Versorgungsengpässe zu kompensieren. Sie kann außerdem zur Spitzenlastkompensation oder Notstromversorgung effizient eingesetzt werden. - Ebenfalls eine hocheffiziente und nachhaltige Energiespeicherlösung bietet die innovative Organic-Flow-Batterie auf Basis von Lignin. Der nachwachsende Rohstoff ist vor allem im Holz vorhanden, fällt u.a. in der Papier- und Zellstoff-Produktion als Abfallprodukt an und konnte so verändert werden, dass er Strom speichern kann. Aktuell werden seitens des Herstellers aus Alzenau Partner aus dem produzierenden Gewerbe für Pilot-Anwendungen gesucht. [53] [54]

	- Eine sehr innovative Technologie zur erneuerbaren Stromerzeugung in urbanen Räumen, aber auch in Industriegebieten, kommt aus den USA und sieht vor, dass Straßenbeläge durch Solarpaneele ersetzt werden (vgl. Abbildung 48). *Abbildung 48 Spezielle, in die Fahrbahn integrierte PV-Anlagen [55]* Dadurch werden mehrere Funktionen in einer Anlage kombiniert: [55] o Stromerzeugung mittels spezieller PV-Module; o Induktive, kabellose Ladung von E-Fahrzeugen während der Fahrt mittels in die Fahrbahn integrierter Induktionsspulen; o Dynamische und in Echtzeit adaptive Straßenmarkierung bzw. -beschilderung mittels in die Fahrbahn integrierter LED-Leuchtelemente; o Steigerung der Verkehrssicherheit mittels in die Fahrbahn integrierter Sensoren-Netzwerke zur Aufnahme und Vorwarnung über das Straßengeschehen sowie mittels integrierter Heizung für eisfreie Straßenverhältnisse im Winter; Eine solche Technologie, auch wenn zurzeit noch schwierig vorstellbar, kann im Optimalfall in ein Gleichstrom- (DC-) Netz (vgl. NRG 4) integriert werden und dadurch dessen Aufbau am Standort auch maßgeblich vorantreiben. Ebenso besitzt diese Technologie das Potenzial, die Elektromobilität vor Ort (vgl. ORG 5) zu fördern. - Basierend auf diesem Konzept einer dezentralen, emissionsarmen Stromerzeugung vor Ort, besteht in dem ausgewählten Industriegebiet ein Potenzial zum Ausbau des Stromverbundes am Standort. Ein gemeinschaftlicher Betrieb von Anlagen bzw. die Nutzung des somit aus erneuerbaren Energiequellen erzeugten elektrischen Energie führt letztendlich zu einer optimierten Verteilung von Investitions- und Betriebskosten, aber auch zu einer Steigerung der Akzeptanz am Standort.
Potential zur Effizienzsteigerung	Steigerung der Energieeffizienz und -flexibilität von Industrie und Stadt, Steigerung der Materialeffizienz, Reduktion von Emissionen, Steigerung der Akzeptanz am Standort, Kosteneinsparung
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort, Stadt, Energieversorger
Technologie / Strategie	Photovoltaik, Stromspeicher (u.a. biobasierte), intelligente Regelung / Vernetzung am Standort, Flexibilisierung von Industrieprozessen, Dekarbonisierung der Energieerzeugung, Kreislaufschließung

Bezeichnung	**NRG 4**
Maßnahmentitel	**Aufbau eines smarten Gleichstrom- (DC-) Netzes in dem Industriegebiet**
Beschreibung	Der durch die Energiewende bedingte Anstieg der volatilen Energie im Stromnetz birgt Risiken für die (industrielle) Energieversorgung. Aktuell findet dabei eine Verschiebung

	hin zu dezentralen Systemen basierend auf immer mehr regenerative Energiequellen sowie Verbrauchern, die immer mehr zu sogenannten »Prosumern« werden, statt. Die Energieeinspeisung und -zufuhr sind deswegen immer unberechenbarer und darüber hinaus müssen Energiesysteme auch Szenarien zur Energierückgewinnung ermöglichen und somit auch umgekehrt ausgerichtet sein können. Außerdem basieren aktuell u.a. drehzahlvariable, energieeffiziente Antriebe in Maschinen und Anlagen, erneuerbare Energieerzeugungsanlagen und die E-Mobilität auf der Gleichstromtechnologie. Dabei werden immer häufiger Frequenzumrichter mit DC-Zwischenkreisen eingesetzt, wodurch die AC-DC-AC-Wandlung nicht vernachlässigbare Umwandlungsverluste verursacht. Des Weiteren registrieren viele Unternehmen schon heute einen Anstieg der Netzstörungen durch Flickern, Frequenzabweichungen oder Über- oder Unterspannung. Auch Kurzzeitunterbrechungen unter einer Minute treten vereinzelt häufiger auf. Moderne Anlagen reagieren auf diese äußeren Versorgungsstörungen teils mit Maschinenstörungen, verminderter Qualität und Produktionsausfall. Mit dem Ziel, erneuerbare Energiequellen sowie Energiespeicher einfacher in industrielle Energiesysteme zu integrieren, die E-Mobilität effizienter zu bedienen und die Robustheit von industriellen Netzen gegenüber schwankender Netzqualität zu steigern, empfiehlt sich am ausgewählten Standort der Aufbau eines unternehmensübergreifenden »Smart-DC-Grid« [56]. Ein solches Versorgungsnetz innerhalb des Industriegebietes bietet außerdem die technologische Grundlage zur Erfüllung folgender Aufgaben: - das Erkennen und Herausfiltern von Störungen; - die Sicherung der Versorgung auch bei kurzzeitigen Unterbrechungen, auch im Sinne eines Warnsystems, welches drohende Versorgungsengpässe kommuniziert und die Reaktionszeit der Unternehmen kurzzeitig abpuffert; - das Schaffen und Weiterreichen von Anreizen für Flexibilität. Ein gemeinsames, übergeordnetes DC-Netz bietet des Weiteren die Möglichkeit einer einfachen Integration unterschiedlicher Speicher und Erzeugungsanlagen, die im Gewerbegebiet verteilt sein können. Dabei ist die Infrastruktur leicht skalierbar und kann flexibel an neue Anforderungen angepasst werden. Die dezentral für die Produktionsunternehmen schwierig lösbaren Herausforderungen werden in einem übergeordneten, gemeinsamen DC-Netz leichter lösbar. Ein gemeinsames, sich selbst stabilisierendes DC-Netz verringert über einfache inhärente Regelungsstrukturen den Managementaufwand für das Netz. Eine Vielzahl von zu koordinieren Mess- und Schaltstellen, aber auch eine Rekonfiguration des Netzes bei Erweiterung der Infrastruktur entfallen. Durch die quasi kommunikationslose Regelung des Netzes ist die Struktur sicher gegenüber Angriffen auf oder Ausfällen der Kommunikationsinfrastruktur. Ein weiterer Effizienzgewinn stellt sich zusätzlich durch den Einsatz deutlich kleinerer Kabelquerschnitte sowie den Wegfall von nicht mehr benötigten Bauteilen wie AC-DC-Wandlungspunkten ein. In dem nächsten Schritt diesbezüglich gilt es, bspw. die größten zehn Stromverbraucher eines jeden Unternehmens in dem Industriegebiet zu identifizieren und an ein solches industrielles DC-Netz anzuschließen.
Potential zur Effizienzsteigerung	Steigerung der Energie- und Materialeffizienz in der Industrie, Kosteneinsparung
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort, Energieversorger
Technologie / Strategie	»Smart-DC-Grid« / Vernetzung am Standort

Bezeichnung	**NRG 5**
Maßnahmentitel	**Ausbau des Wasserstoffverbundes am Standort**
Beschreibung	In dem untersuchten Industriegebiet stellt der Wasserstoff (H_2) eine sehr wichtige Ressource dar, die auch lokal, regenerativ erzeugt wird. Diese wird bereits zwischen einigen ansässigen Unternehmen als Rohstoff für ihre Produktionsprozesse oder als Nebenprodukt über ein Wasserstoffnetz weitergereicht bzw. ausgetauscht (vgl. Kap. 3.3). Darüber

hinaus wurden weitere konkrete Möglichkeiten zum Ausbau der H_2-Kreislaufschließung am Standort identifiziert (vgl. Kap. 3.4).
Übergeordnet gilt regenerativer Wasserstoff als Zukunftsbaustein für die Energiewende und als Schlüssel für die Kopplung der Sektoren Strom, Wärme und Verkehr. Auch in industriellen Energiesystemen stellt dieser einen wichtigen Baustein für das Erreichen von Klimaneutralität dar. Für industrielle Produktionsprozesse kann mittels Brennstoffzellen aus Wasserstoff elektrische Energie, sowie Wärme für Nieder- und Mitteltemperaturprozesse erzeugt werden. Für Hochtemperaturwärmeprozesse stellt regenerativer Wasserstoff oftmals die einzige Option zur Dekarbonisierung dar [57]. Besonders in der chemischen Industrie kann Wasserstoff außerdem als Roh- und Betriebsstoff für Produktionsprozesse genutzt werden. 75 % der CO_2-Emissionen dieser Branche sind für die Herstellung der mengenmäßig größten Grundchemikalien verantwortlich, die wiederum auf Wasserstoff basiert [58]. Darüber hinaus kann diese Ressource in der Industrie als Treibstoff für Logistik- und Transportanwendungen eingesetzt werden (vgl. ORG 4, 5).
Vor diesem Hintergrund besteht am untersuchten Standort das große Potenzial zur Errichtung eines dezentralen Wasserstoff-Hubs für Industrie und ihr urbanes Umfeld. In diesem Hub soll neben der bereits stattfindenden Herstellung von H_2 mittels regenerativer Energieträger, eine ganzheitliche energetische Anwendung in den Sektoren Energie (Strom und Wärme) und Verkehr (Transport und Logistik), sowie in der Produktion durch direkten Einsatz als Roh- oder Betriebsstoff ermöglicht werden. Eine mögliche Ausgestaltung einer solchen dezentralen H_2-Infrastruktur ist in Abbildung 49 dargestellt.
Zentrale Vorteile dieses Ansatzes, bspw. gegenüber einer alleinigen Erweiterung bestehender Tankinfrastrukturen für Mobilitätsanwendungen, bestehen in den Synergien aus den erweiterten Nutzungspfaden im industriellen Kontext (vgl. Abbildung 49, Nutzungen 1-5). Diese können die Auslastung von Wasserstoff-Infrastrukturen maximieren, da aktuell die Infrastrukturaufwendungen durch die geringe Auslastung ein zentrales Hemmnis für deren weiteren Ausbau darstellen.
Konkret besteht am untersuchten Standort somit die Möglichkeit des Einsatzes von H_2-Speichern, bspw. unter bestimmten technologischen Bedingungen zur Deckung von Lastspitzen im Wärme- und Strombereich, sowohl im Industriegebiet, als auch im städtischen Umfeld. Dafür eignen sich bspw. auch flüssige organische Wasserstoffträger (engl. »*Liquid Organic Hydrogen Carriers*« – LOHC) optimal. Die dadurch während der Wasserstoffaufnahme (Hydrierung) freiwerdende Wärme kann außerdem sehr effizient zu Heizungszwecken oder als Prozesswärme genutzt werden [59].

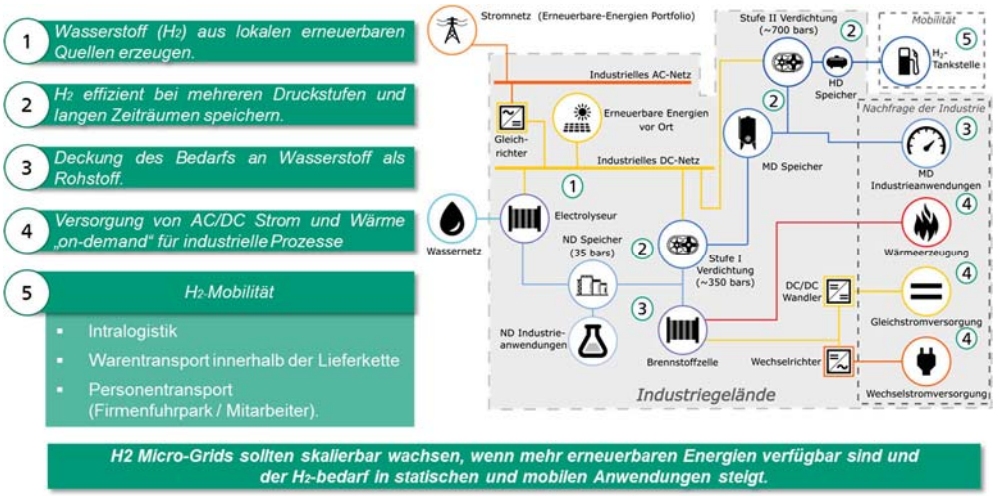


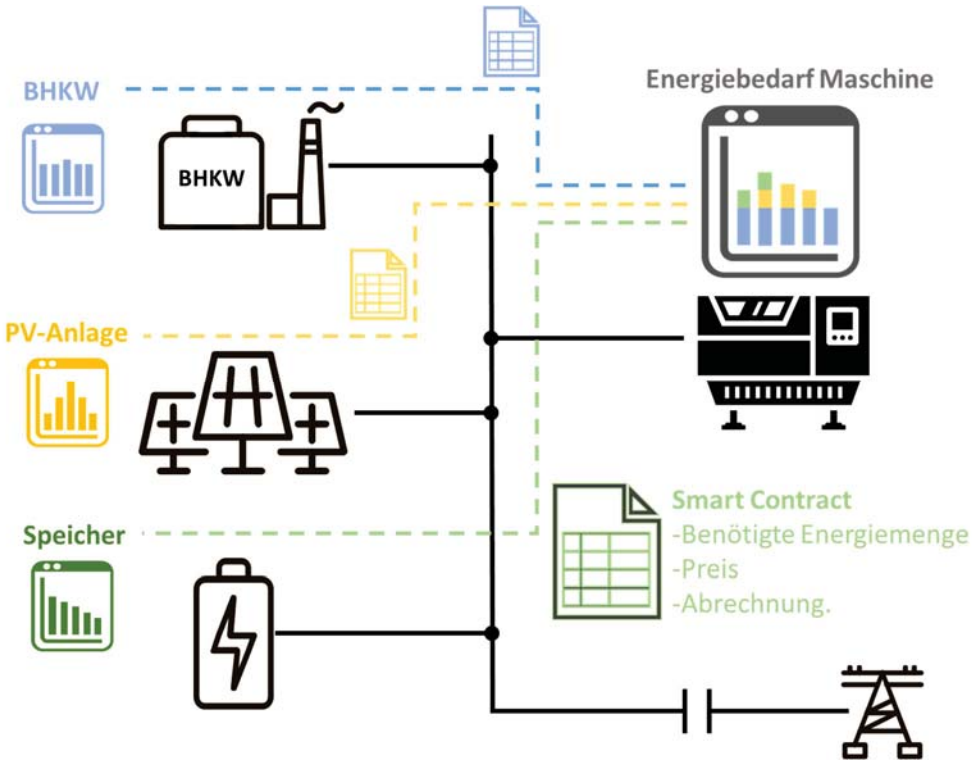
Abbildung 49 Mögliche Ausgestaltung eines industriellen H_2-Hubs im Industriegebiet (Grafik: Alejandro Tristán und Martin Reisinger, Fraunhofer IPA)

Durch eine Wandlung des oft am Standort überschüssig verfügbaren, erneuerbaren Stroms in Wasserstoff kann darüber hinaus auch eine »Power-to-Gas«-Anwendung die Energienutzung am Standort optimieren: erneuerbar erzeugter Wasserstoff kann durch

	Methanisierung mittels CO_2 zu »grünem« Gas werden, das bspw. bei schwankendem Abwärme-Angebot oder sogar in Verbund (vgl. NRG 1 und NRG 2) zur Erzeugung von Heizenergie verwendet werden kann. Auch »Power-to-Chemicals«-Anwendungen sind denkbar, wie bspw. die Erzeugung von synthetischen Gasen auf Basis von Methanol oder von gasförmigen bzw. flüssigen Kohlenwasserstoffen, die wiederum als Ausgangsstoffe für Ethylen und Propylen eingesetzt werden können. Außerdem kann Wasserstoff auch zu Ammoniak, einer weiteren wichtigen Ressource synthetisiert werden. [58] [52] Auch die Versorgung von H_2-basierter Mobilität am Standort (vgl. ORG 5) ist ein wichtiger Anwendungsfall in Industrie und urbanem Umfeld. Sowohl die Intralogistik, als auch der lokale LKW-Verkehr können einerseits davon sehr effizient und emissionsfrei profitieren. Andererseits besteht auch die Möglichkeit einer nachhaltigen Versorgung sowohl des individuellen, als auch des öffentlichen Personentransportes in der Region, einschließlich mittels mobiler H_2-Speicher.
Potential zur Effizienzsteigerung	Steigerung der Energie- und Materialeffizienz in der Industrie und im urbanen Umfeld, Reduktion von Emissionen
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort, Stadt
Technologie / Strategie	Wasserstoff-Hub (Erzeugung, Speicherung, Verteilung, Wandlung) / Sektorenkopplung, Kreislaufschließung, Vernetzung am Standort

Bezeichnung	**NRG 6**
Maßnahmentitel	**Realisierung eines intelligenten Druckluftverbundes in dem Industriegebiet**
Beschreibung	Für Produktionsunternehmen stellen Druckluftsysteme eine sehr weitverbreitete Querschnittstechnologie dar. Allerdings nimmt Druckluft in ihrer Erzeugung sowie im Betrieb von älteren, häufig von Leckagen betroffenen Anlagen oft hohe Energiemengen in Anspruch und ist somit eine teure Energieform. Durch spezifische Maßnahmen zur Vernetzung, aber auch im Zuge der Digitalisierung in der Industrie können vorhandene Effizienz- und Synergiepotenziale genutzt und Kosten gesenkt werden. In dieser Hinsicht bietet sich in dem untersuchten Industriegebiet, analog zu den o.g. Maßnahmen, die Vernetzung der einzelnen Druckluftsysteme der benachbarten Unternehmen an. Ein somit zu realisierender, intelligenter Druckluftverbund aus dezentralen Anlagen (bspw. Kompressoren, Speicher, Leitungen, etc.) ist die Grundlage nicht nur für geteilte Investitions- und Betriebskosten, sondern auch für eine übergeordnete Maßnahme zur ganzheitlichen Steigerung der Energieeffizienz im Industriegebiet. Konkret beinhaltet diese Maßnahme die Möglichkeit der Wandlung von Überschuss-Strom am Standort in Druckluft und dessen Speicherung auf verschiedenen Wegen: entweder im bestehenden Netz oder in einem künftigen, übergeordneten, intelligenten Druckluftnetz des Industriegebietes. Eine weitere Möglichkeit zur massiven Steigerung der Effizienz solcher Systeme bietet die aktuelle innovative Entwicklung einer neuen Anlagentechnologie aufgrund von umkehrbaren Turbo- und Kolbenmaschinen, wodurch Strom mittels Druckluft nachhaltig gespeichert werden kann [61]. Darüber hinaus kann innerhalb eines Industriegebietes ein dezentrales Leckage-Management installiert werden, welches kontinuierlich das gesamte Druckluftsystem auf etwaige Leckagen überprüft und deren Auftreten und Schwere sofort an die Anwender sendet. Weitere große Energieeffizienzpotenziale in dem untersuchten Industriegebiet können durch die Digitalisierung des Druckluftsystems erschlossen werden. Um zunächst diese Potenziale aufzudecken und anschließend darüber hinaus auch den Aufwand der Instandhaltung massiv zu reduzieren, sowie die Versorgungssicherheit dieser wichtigen Energieform deutlich zu erhöhen, empfiehlt sich die Umsetzung der Konzepte *»Druckluft 4.0 für smarte Druckluftanlagen«* [62] und *»Intelligente Druckluftsysteme«* [63].
Potential zur Effizienzsteigerung	Steigerung der Energieeffizienz in der Industrie, Reduktion von Emissionen, Kosteneinsparung
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort, Dienstleister und Anbieter von Druckluftsystemen
Technologie / Strategie	Intelligentes Druckluftnetz, innovative Druckluftspeicher / Vernetzung am Standort, Digitalisierung

Bezeichnung	**NRG 7**
Maßnahmentitel	**Intelligente Verwaltung eines lokalen, energieeffizienten »Micro-Smart-Grids«**
Beschreibung	Der fortschreitende Trend hin zu vielen, verteilten Erzeugungsanlagen führt aktuell zu einer zunehmend dezentralisierten und volatilen Energieversorgung sowie zur Bildung von sogenannten »Micro-Grids«. Diese werden als eine Vereinigung von Energieerzeugern und -verbrauchern in einem lokalen Netz oder Teilnetz, welches zudem autark betrieben werden kann, definiert [64]. Dieses Phänomen ist nicht nur in urbanen Räumen, sondern auch in Industriegebieten bereits deutlich erkennbar. Vor diesem Hintergrund gilt es, eine der größten dabei auftretenden Herausforderungen zu bewältigen – die intelligente und energieeffiziente Verwaltung, Steuerung und Buchungsführung dieser komplexen Systemvernetzung. In dem untersuchten Industriegebiet können dafür folgende Lösungsansätze und Initiativen umgesetzt werden: - Zur digitalen Aufnahme, Aufbereitung und Bewertung von Daten und Informationen zu gegenwärtigen Energieverbräuchen und -bedarfen am Standort kann ein unternehmensübergreifender Energiekataster eingerichtet werden; darunter versteht man eine »Landkarte« einzelner Energieversorgungsmedien für die zu betrachtenden Bereiche: Produktion, Gebäude, Industriegebiet; - Auf Basis der sich daraus ergebenden, rückfließenden Daten und Informationen kann darüber hinaus ein zentraler, übergeordneter Energieleistand im Industriegebiet die Steuerung der einzelnen, ggf. gemeinsam betriebenen Energieerzeugungsanlagen, Speicher, Verteiler, Wandler und Verbraucher übernehmen; - Um die Energieeffizienz sowie -flexibilität des Standortes gesamtheitlich zu steigern, sowie um die Unternehmen in dem Industriegebiet übergeordnet miteinander energetisch zu vernetzen, kann dieser übergeordnete Energieleitstand darüber hinaus eine »Energie-Broker-Plattform« beinhalten; darüber können Unternehmen ihre Bedarfe, aber auch ggf. Energie-Überschüsse (Strom, Abwärme und weitere Nutzenergieformen) quantifiziert melden bzw. mit benachbarten Unternehmen oder sogar mit der Stadt abstimmen; Diese Plattform kann außerdem optimal in die »digitale Ultraeffizienz-Austauschplattform« (vgl. ORG 3) integriert werden. Um einen optimalen Ablauf von unternehmensübergreifenden Vorgängen zu gewährleisten, empfiehlt es sich, diese Ansätze über eine Standortbetreibergesellschaft (vgl. Kap. 4) zu verwalten. Eine solche Entität kann ebenfalls übergeordnete Energieeffizienz- sowie -flexibilitätsmaßnahmen in dem Industriegebiet abstimmen, planen und umsetzen. Darüber hinaus kann sie auch nach außen eine zentrale Anlaufstelle für Energieversorger, Kommune oder sogar Einwohner darstellen. Dabei besteht ebenfalls die Möglichkeit, als ein »Smart-Contractor« zu agieren, um durch übergeordnetes Energiemanagement sowie bspw. durch Pooling von Erzeugeranlagen Energiepreisvorteile für die ansässigen Unternehmen, aber auch eine Netzdienlichkeit durch die Verstetigung der Leistung, sowie auch eine bessere Prognostizierbarkeit der Energieverfügbarkeit zu erzielen. Dadurch wird das lokale »Micro-Grid« zu einem »Micro-Smart-Grid«. Des Weiteren bietet sich für die Adressierung der Problematik einer intelligenten Vernetzung, Steuerung und Buchungsführung von Energieströmen ein sogenannter »Distributed Ledger« etwa in Form einer Blockchain an. Durch die Kombination von »Micro-Grids« und »Distributed Ledger« können bspw. dezentrale Energieerzeuger Abnehmern innerhalb ihres »Micro-Grids« elektrische Energie anbieten und diesen vollautomatisch vergütet bekommen. Vorteil dabei ist ein transparenter und effizienter Energiehandel zwischen einer Vielzahl von (lokalen) Akteuren. Zudem können dadurch sogenannte »Smart Contracts« (vgl. Abbildung 50), also bei bestimmten Ereignissen automatisch in Kraft tretende Verträge, implementiert werden und so neue, effizientere Geschäftsmodelle in dem untersuchten Industriegebiet erschlossen werden.

	 *Abbildung 50 »Distributed Legder« in Form einer Blockchain machen »Smart Contracts« möglich*
Potential zur Effizienzsteigerung	Steigerung der Energieeffizienz und -flexibilität, Reduktion von Emissionen, Steigerung der Akzeptanz am Standort, Kosteneinsparung
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort, Stadt, Energieversorger
Technologie / Strategie	Energiekataster, Energieleitstand, »Distributed Ledger« (in Form einer Blockchain) / Vernetzung am Standort, Energie-Sharing, neue Geschäftsmodelle

Anforderungsprofil Material

Bezeichnung	**MAT 1**
Maßnahmentitel	**Ausbau bzw. Realisierung von weiteren Materialkreisläufen**
Beschreibung	Wie im Kapitel 3.4 beschrieben, besteht am ausgewählten Standort das Potenzial zum Ausbau bzw. zur Realisierung von weiteren Materialkreisläufen im Industriegebiet. Dabei handelt es sich nicht nur um Wasser in Form von Prozesswasser, VE-Wasser, Kesselspeisewasser, Kühlwasser und Kondensat, sondern auch um Abwasser. Hier muss konkret die Abwasserqualität geprüft werden, mit dem Ziel der Wiedernutzung als Prozess-, Kühlwasser oder Brauchwasser. Eine technisch mögliche Maßnahme besteht in der Entsalzung des Abwassers – entweder innerbetrieblich oder betriebsübergreifend. Ebenfalls die Prüfung der technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten der Reinigung von verunreinigtem Wasserstoff – entweder innerbetrieblich oder betriebsübergreifend, um diesen wieder dem lokalen Kreislauf zur Verfügung zu stellen, wird empfohlen. Außerdem besteht am Standort ein Potenzial zur besseren lokalen Verwertung von Aluminium, verschiedenen anderen Metallen und Kunststoff.
Potential zur Effizienzsteigerung	Wassereinsparung, Rohstoffeinsparung, Vermeidung von Abwasser und Abfällen, Energieeinsparung, Kosteneinsparung
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort, Kläranlage, Stadt
Technologie / Strategie	Reinigung von Wasser (Entsalzung) und Wasserstoff / transparente Kommunikation im Industriegebiet, Kreislaufschließung

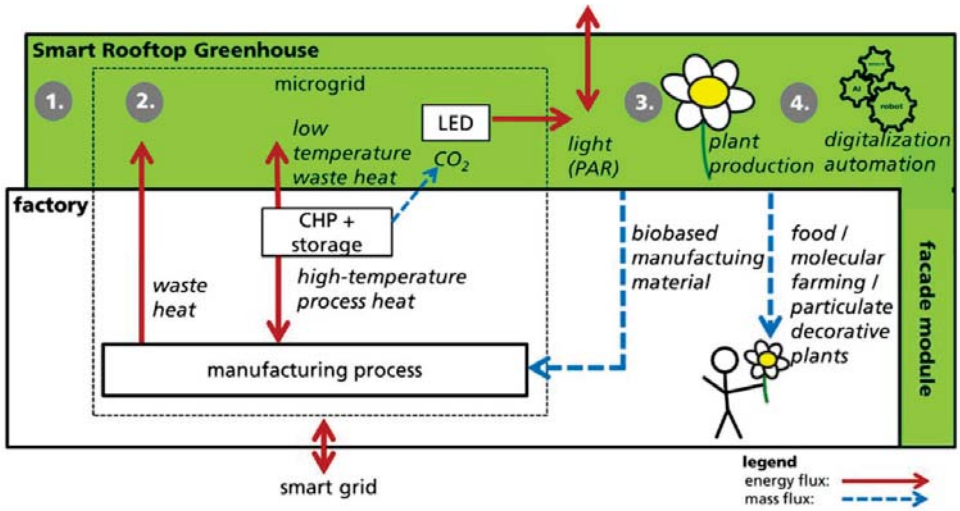
Bezeichnung	**MAT 2**
Maßnahmentitel	**Stoffsubstitution zur Optimierung von Stoffkreisläufen**
Beschreibung	Mit dem Ziel, die Materialeffizienz am ausgewählten Standort gesamtheitlich zu optimieren, gilt es, für bestimmte Materialien – Roh-, Betriebs-, Hilfs-, Reststoffe –, die vor Ort eingesetzt werden bzw. anfallen, technisch und wirtschaftlich sinnvolle Alternativen zu prüfen, um durch Stoffsubstitution die aktuell bestehenden und künftig potentiellen Stoffkreisläufe auszubauen. Dadurch werden nicht nur der Primärrohstoffbezug, die Materialausbeute und die Stoffverwertung, sondern auch die damit verbundenen, vor- und nachgelagerten Material- und Energieeinsätze, sowie der Emissionshaushalt optimiert.
Potential zur Effizienzsteigerung	Rohstoffeinsparung, Vermeidung von Abfällen
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort
Technologie / Strategie	Materialentwicklung / Transparenzschaffung, Kreislaufschließung

Bezeichnung	**MAT 3**
Maßnahmentitel	**Optimierung der Infrastrukturlebensdauer**
Beschreibung	Sowohl die industrielle, als auch die städtische Straßeninfrastruktur am ausgewählten Standort ist hohen Belastungen aufgrund des vorrangig auf Straßen rollenden Verkehrs ausgesetzt. Dies kann als Folge einen höheren Verschleiß, eine kürzere Lebensdauer der Infrastruktur, einen erhöhten Ressourcenverbrauch und somit auch höhere Instandhaltungskosten vor Ort hervorrufen. Um diese negativen Auswirkungen zu konterkarieren sowie um die Materialeffizienz des Standortes zu erhöhen, kann eine Reihe von Maßnahmen umgesetzt werden. Eine davon ist die strecken- bzw. abschnittsweise Einführung von konkreten Vorgaben bzgl. LKW-Mindestreifenbreiten zum Schutz der Straßeninfrastruktur am Standort. Weitere, mobilitätsbezogene Maßnahmen werden im *Anforderungsprofil Organisation* (vgl. weiter unten) aufgeführt.
Potential zur Effizienzsteigerung	Materialeinsparung, Verlängerung der Lebensdauer von Infrastruktur, Kosteneinsparung
Zuständige / beteiligte Akteure	Stadt, Unternehmen am Standort
Technologie / Strategie	Fahrzeugtechnik / Gestaltung von legislativen Rahmenbedingungen

Anforderungsprofil Emissionen

Bezeichnung	**EMS 1**
Maßnahmentitel	**Einführung eines Treibhausgas-Monitorings im Industriegebiet**
Beschreibung	Zu dem erklärten übergeordneten Ziel einer Beitragsleistung zur Einhaltung der CO_2-Klimaziele der Bundesregierung und somit der kontinuierlichen Reduktion aller Emissionen vor Ort, sollen auch die Unternehmen am ausgewählten Standort bewegt werden. Aufgrund der erhobenen Daten wurde ersichtlich, dass die direkt und indirekt entstehenden Emissionen meist – sehr oft auch qualitativ – nicht vollständig bekannt sind. Vor diesem Hintergrund besteht eine erste Maßnahme in der einheitlichen Transparenzschaffung und Bilanzierung der Emissionen vor Ort. Dies kann entweder innerbetrieblich oder betriebsübergreifend, bspw. seitens einer Standortbetreibergesellschaft durchgeführt werden. Ein aktuelles konkretes Hilfsmittel dafür stellt die europäische Norm DIN EN ISO 14064-1:2019-06 dar [65]. Eine »Ausweitung des Treibhausgas-Monitorings auf die Wirtschaft« wurde auch in dem kommunalen Klimaschutzkonzept der Stadt [35] als Maßnahme identifiziert. Dadurch sollen mittlere THG-Einsparungen durch mittlere entstehende Kosten für die Stadt mittelfristig umsetzbar sein.

	Technologisch und wirtschaftlich lässt sich diese Maßnahme konkret durch Einsatz von entsprechenden Sensor-Netzwerken, Softwarelösungen und innovativen Messkonzepten bzw. intelligentem Daten-Management abbilden [66] [67] [68].
Potential zur Effizienzsteigerung	Reduktion von Emissionen
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort, Stadt
Technologie / Strategie	Sensor-Netzwerke und Softwarelösungen / Transparenzschaffung, Bilanzierung

Bezeichnung	**EMS 2**
Maßnahmentitel	**Smart Rooftop Greenhouses und Vertical Farming**
Beschreibung	Die in der Industrie häufig anfallenden Emissionen und Abwärmeströme werden derzeit vielfach (ungenutzt) an die Umwelt abgegeben. Zudem werden Flächen in stadtnahen Räumen immer knapper und kostenintensiver. Oftmals werden dazu sehr fruchtbare landwirtschaftliche Flächen durch neue Industrie- und Gewerbegebiete überbaut. Die Bewirtschaftung von Fabrikhallendächern und Fassaden zur Biomasseproduktion mittels industrieller Emissionen und Abwärmeströmen kann einen positiven Beitrag zur Steigerung der Gesamteffizienz eines Standortes leisten. Um diesen Herausforderungen entgegenzukommen, wurde am Fraunhofer IPA das Konzept »Smart Rooftop Greenhouses« (SRG) entwickelt und eine Machbarkeitsstudie für eine Abwärmequelle durchgeführt [69]. Die Bewirtschaftung von Fabrikhallendächern zur Pflanzenproduktion mittels industrieller Emissionen und Abwärmeströmen kann einen positiven Beitrag zur Steigerung der Gesamteffizienz eines Standortes leisten. Das Konzept eines SRG ist ein Ansatz zur Weiterentwicklung der bestehenden Gewächshaustechnologie durch einen digitalisierten und automatisierten kombinierten industriellen und biologischen Produktionsprozess. Dies ermöglicht eine biologische Kohlenstoff- und Stickstoffsenke für industrielle Emissionen sowie eine Energie- und Ressourcensymbiose. Abbildung 51 stellt den Forschungsgegenstand SRG in Konzeptform dar.  *Abbildung 51 Konzept eines »Smart Rooftop Greenhouse« mit schematischer Darstellung des Dachgewächshauses auf einer Fabrik (Nr. 1), einer Variante einer energetischen und emissionsbezogenen Symbiose (Nr. 2), von Varianten für die Ressourcen-Symbiose (Nr. 3) und der Digitalisierungs- und Automatisierungskonzeptes in Form eines Green Wall Robot (vgl. EMS 3)* Mittels SRG auf Fabrikhallendächern können direkte CO_2- und NO_x-Emissionen, aber auch industrielle Abwärme für die Pflanzenproduktion genutzt werden. Da ein SRG mit Niedertemperatur-Abwärme beheizt werden kann und der aktuelle Stand der Technik für gebäudeintegrierte intensive Pflanzenproduktion mit Kunstlicht mehr Energie als

	konventionelle Pflanzenproduktionsverfahren verbraucht, steigert die Gemüseproduktion in urbanen Dachgewächshäusern die Energieeffizienz urbaner Räume. Als eine Form des »Vertical Farmings« wird die Fläche vor Ort effizienter genutzt und so ein positiver Beitrag zu den Zielen der Landnutzungsreduzierung geleistet. Eine lokale Versorgung mit Lebensmitteln verkürzt außerdem die Lieferketten. Dies minimiert wiederum Kosten und Kohlenstoffemissionen des fossil angetriebenen Lebensmitteltransportes, kann die Lebensmittelsicherheit erhöhen und den Verlust von Lebensmitteln minimieren. Für einen spezifischen Anwendungsfall wurde der Ansatz im Rahmen einer Machbarkeitsstudie ausgearbeitet: die Abwärmenutzung eines Rechenzentrums. Nach der Charakterisierung der Abwärme- und Emissionsquellen wurden unter Einbezug eines Experten geeignete Systeme für den Eintrag von Niedertemperaturabwärme und Emissionen in das Gewächshaus als Abwärme- und Emissionssenke ausgelegt. Eine der größten Herausforderungen dabei sind die statisch konstruktiven Randbedingungen der Gebäudeinfrastruktur, die vor Ort am ausgewählten Standort geprüft werden müssen. Das Konzept hat hohes industrielles und technologisches Potential für urbane Wachstumsregionen. Bei der wissenschaftlichen Begleitung von weiteren Pilotprojekten mit unterschiedlichen Anwendungsfällen gilt es, die Energie- und Materialeffizienzpotentiale zu quantifizieren und das CO_2-Minderungspotential der Technologien zu analysieren. Diese Maßnahme ist an der Schnittstelle zum Anforderungsprofil Energie zu betrachten und steht in enger Wechselwirkung mit der Maßnahme EMS 3 (vgl. weiter unten).
Potential zur Effizienzsteigerung	Reduktion von direkten Emissionen, Steigerung der Energie-, Ressourcen- und Flächeneffizienz
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort, Akteure aus Landwirtschaft und der Lebensmittelindustrie
Technologie / Strategie	Emissionsbindung, Abwärmeauskopplung / Vernetzung am Standort

Bezeichnung	**EMS 3**
Maßnahmentitel	**Fassadenbegrünung und Green Wall Robot**
Beschreibung	Moderne städtische Gebiete sehen sich mit der unvermeidlichen Notwendigkeit konfrontiert, die Luftschadstoffe erheblich zu reduzieren. Hauptverunreinigungsquellen sind der Verkehr, die Industrie und andere verbrennungsbedingte Prozesse. Stick- und Kohlenoxide, Ozon und andere flüchtige organische Verbindungen überschreiten in vielen Europäischen Städten seit Jahren die offiziellen ungefährlichen Grenzwerte und nehmen weiter zu – ein Trend, der auch den untersuchten Standort zukünftig betreffen kann. Ein vielversprechender Ansatz zur Reduzierung gefährlicher Verschmutzungen sind grüne Fassaden, die Städte mit natürlichen Luftfiltern, Lärmschutzklappen und Luftbefeuchtern ausstatten und die ästhetischen Werte der Objekte, auf denen sie installiert sind, verbessern. Fassadenbegrünung von Bürogebäuden und Produktionshallen sowie verteilte, vereinzelte Mooswände können somit nicht nur zur Emissionsminderung und Verbesserung des Mikroklimas vor Ort führen, sondern – bspw. als Insektenhabitat – auch eine optimierte Biodiversität als Ausgleichsfläche für die durch den Neubau zerstörte Fläche sicherstellen. Somit können bei Neu- oder Ausbauprojekten direkt am Standort Ausgleichsmaßnahmen realisiert werden. Diese Ausgleichsmaßnahmen können im Kontext der Ausgleichsregelung für die Genehmigung der Bauvorhaben oder in Ökokontos im Naturschutzrecht eingebracht werden. Hauptgrund für den seltenen Aufbau von grünen Fassaden sind die hohen Unterhaltskosten. Diese variieren zwischen 5-10 % der Anfangsinvestition pro Jahr und hindern somit grüne Fassaden daran, den vertikalen Raum in städtischen Gebieten zu erobern. Das von Forschern des Fraunhofer IPA entwickelte Green-Wall-Robot-Konzept [70] ist ein erster und bedeutender Schritt in Richtung wirtschaftlich wartbarer grüner Fassaden. Es arbeitet völlig autonom und vereint durch seinen modularen Aufbau ein riesiges Anwendungsspektrum. Abbildung 52 zeigt das entwickelte konzeptionelle Design eines mittels einem »Green Wall Robot« automatisiert bewirtschafteten Fassaden-Moduls.

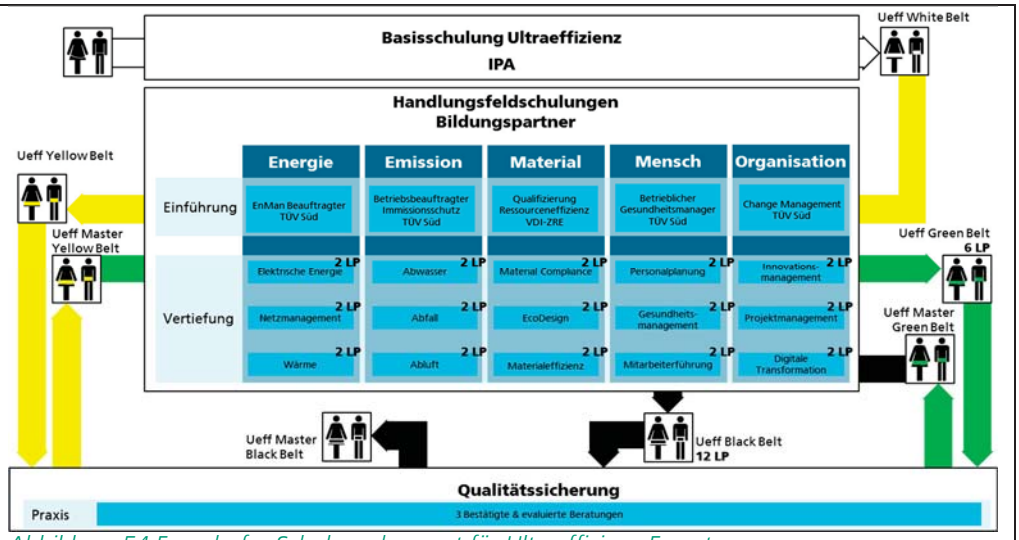
	 Abbildung 52 Konzeptstudie an einem exemplarisch ausgewählten Gebäude – dargestellt ist der Green Wall Robot an einem Fassadenteil ohne Fenster Die folgenden konzeptionellen Illustrationen (Abbildung 53) zeigen mögliche Implementierungen des Green-Wall-Roboters, u.a. auch für Anwendungen im Vertical Farming (vgl. EMS 2). *Abbildung 53 Links: Mögliche Aufgaben, die mit dem Green Wall Robot entsprechend dem Kontext seiner Implementierung durchgeführt werden können; Rechts: Design-Studie eines Green-Wall-Robot-Konzepts als Kabelroboter (Quelle: Fraunhofer IPA und Nina Kraus, Industrial Design, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart)* Am ausgewählten Standort der Industriegebiete und des urbanen Umfelds empfiehlt sich somit zur Minderung der lokalen Emissionen die Prüfung der Möglichkeit des Aufbaus von vertikalen grünen Elementen sowie der Begrünung von Gebäudefassaden. Diese Maßnahme steht in enger Wechselwirkung mit der Maßnahme EMS 2 (vgl. weiter oben).
Potential zur Effizienzsteigerung	Reduktion von direkten Emissionen, Steigerung der Energieeffizienz (Dämmung von Gebäuden) und der Flächeneffizienz
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort, Stadt
Technologie / Strategie	Automatisierung, Robotik / Begrünung von (vertikalen) urbanen Flächen

Anforderungsprofil Mensch / Personal

Bezeichnung	**MEP 1**
Maßnahmentitel	**Flexible, kooperative Personaleinsatzplanung**
Beschreibung	Viele Unternehmen beschäftigen an verschiedenen Standorten spezifisches Fachperso-

	nal für bestimmte Querschnittsfunktionen im Unternehmen. Oft ist dieses Personal jedoch nicht optimal ausgelastet, oder aber leisten sich meist kleinere Unternehmen eine solche Beschäftigung nicht, obwohl die Aktivitäten notwendig wären. Das ist zum Teil auch an dem hier ausgewählten Standort der Fall. Vor allem in Industrie- und Gewerbegebieten haben Unternehmen die Möglichkeit, den Einsatz dieses Fachpersonals zu optimieren und dadurch eine bessere Produktivität, aber auch Kosteneinsparungen dadurch zu erzielen. Der konkrete Lösungsansatz besteht in einer flexiblen, kooperativen Personaleinsatzplanung von spezifischen Fachkräften über Unternehmensgrenzen hinweg. Somit können Arbeits- und Brandschutzbeauftragte, Instandhaltungsexperten, aber auch Energie-, Umwelt- und Schadstoffmanager für mehrere Unternehmen im Industriegebiet zeitgleich tätig sein und somit nicht nur die Personalauslastung, sondern auch die Kosten optimieren. Analog dazu gibt es die Möglichkeit, einen sogenannten Industriegebietsmanager als »extra-internal« Experten für übergeordnete Fachbereiche einzusetzen.
Potential zur Effizienzsteigerung	Steigerung der Personaleffektivität, Kosteneinsparung
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort
Technologie / Strategie	Transparenzschaffung, Vernetzung am Standort

Bezeichnung	**MEP 2**
Maßnahmentitel	**Flexibler, kooperativer Schulungs- und Weiterbildungsplan**
Beschreibung	Im Bereich der Schulungen und Weiterbildungen, die die meisten Unternehmen für die Mitarbeitenden anbieten, gibt es ebenfalls einige Querschnittsfunktionen, die gemeinsam erfüllt werden können. In den Bereichen Arbeits- und Brandschutz, Energie-, Umwelt- und Schadstoffmanagement, aber auch bspw. Instandhaltung und Werksschutz gibt es ein Potenzial zur Erstellung eines unternehmensübergreifenden Weiterbildungsplans und der Durchführung von Weiterbildungsmaßnahmen für mehrere Unternehmen im Industriegebiet. Im konkreten Fall von Fachexperten zu Material Compliance bzw. Material-Regularien (bspw. REACH und RoHS-Verordnungen), sind es oft Angestellte von großen Unternehmen, die an den Schulungen und Angeboten zum fachlichen Austausch des Fraunhofer IPA [71] teilnehmen. In solchen Fällen können sich benachbarte Unternehmen die Teilnahme an diesen Veranstaltungen, aber auch die spezifisch benötigten Fachkenntnisse mittels derselben Fachkraft teilen. Ein gemeinsamer, zentraler Aufbau von Spezialwissen am ausgewählten Standort, bspw. zu Themen wie Sicherheit, Brandschutz, Erste Hilfe, Digitalisierung, Lean Management oder Energieeffizienz kann durch eine Erhebung von unternehmensspezifischen Bedarfen sowie die Entwicklung eines Kernangebotes mit möglichst großer Überdeckung bei vielen Unternehmen gewährleistet werden. Ein solches Angebot, nebst Schulungen und Workshops zur Vernetzung am Standort, kann bspw. seitens einer Standortbetreibergesellschaft aufgebaut werden (vgl. Tabelle 4). Außerdem gibt es die Möglichkeit, am ausgewählten Standort Ultraeffizienz-Expert/innen unternehmensübergreifend, nach dem Fraunhofer-Schulungskonzept für Ultraeffizienz [72] (vgl. Abbildung 54) auszubilden. Dieses Konzept basiert auf einem modularen Aufbau mit diversen Bildungspartnern für die fünf Handlungsfelder der Ultraeffizienzfabrik. Während die handlungsfeldübergreifende Basisschulung vom Fraunhofer IPA angeboten wird, stellen die angehenden Expert/innen ihre vertiefenden Weiterbildungsetappen individuell aus einem umfangreichen Angebot externer Bildungspartner zusammen. Ein strenges Monitoring durch die Evaluation von durchgeführten Ultraeffizienz-Beratungsleistungen stellt die entsprechende Qualität sicher.

	 *Abbildung 54 Fraunhofer-Schulungskonzept für Ultraeffizienz-Experten* Auch in dem kommunalen Klimaschutzkonzept der Stadt [35] wurde die »Beratungsoffensive Effizienz« als kurzfristig umsetzbar, allerdings mit hohen entstehenden Kosten für die Stadt sowie mit nur indirekt möglichen THG-Einsparungen eingestuft. Der Aufbau eines gemeinsamen Schulungskonzeptes nach *diesem* Modell kann im Gegensatz dazu zu Kosteneinsparungen für Unternehmen und Kommune führen und dabei zu einer Steigerung der Gesamteffizienz am Standort beitragen.
Potential zur Effizienzsteigerung	Steigerung der Personaleffektivität, Kosteneinsparung
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort
Technologie / Strategie	Transparenzschaffung, Vernetzung am Standort

Bezeichnung	**MEP 3**
Maßnahmentitel	**Unternehmensübergreifendes Vorschlagswesen**
Beschreibung	Das in vielen Unternehmen am ausgewählten Standort bereits gut funktionierende Vorschlagswesen kann in der Hinsicht ausgebaut werden, dass es um eine unternehmensübergreifende Perspektive am ausgewählten Standort ergänzt wird. Als Anlaufstelle dafür kann ebenso eine Standortbetreibergesellschaft fungieren. Konkret handelt es sich um die übergreifende Sammlung von Mitarbeitervorschlägen am gesamten ausgewählten Standort, mit der Möglichkeit der gemeinsamen Abstimmung zur Umsetzung. Eine konkrete Umsetzung dieser Maßnahme mithilfe von digitalen Technologien ist unter der Maßnahme ORG 3 beschrieben.
Potential zur Effizienzsteigerung	Steigerung der Gesamteffizienz sowie der Mitarbeiterzufriedenheit am Standort
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort
Technologie / Strategie	Vernetzung am Standort, nachhaltiges Personalmanagement

Bezeichnung	**MEP 4**
Maßnahmentitel	**Kurzfristig bereitgestellter Wohnraum (Onboard housing)**
Beschreibung	Aufgrund der Datenaufnahme am ausgewählten Standort wurde ersichtlich, dass im Bereich des kurzfristig bereitgestellten Wohnraums bspw. für neue Mitarbeitende oder Auszubildende noch Optimierungspotential besteht. Eine in dieser Hinsicht holistische Herangehensweise, um gemeinsame Lösungen wirtschaftlich zu etablieren, besteht in einer öffentlich-privaten Kooperation zur Entwicklung

	und Errichtung von nachhaltig konzipiertem, raumeffizientem, kurzfristig bereitgestelltem Wohnraum in räumlicher Nähe der Industriegebiete. Eine langfristige, sogenannte Kernvermietung von bestimmten Wohnungskontingenten an interessierte Unternehmen am Standort kann eine gute Basis für die Wirtschaftlichkeit dieses Ansatzes darstellen.
Potential zur Effizienzsteigerung	Steigerung der Personaleffektivität, der Mitarbeiterzufriedenheit, sowie der Raumeffizienz am Standort, Reduktion des Verkehrsaufkommens und der damit verbundenen Emissionen
Zuständige / beteiligte Akteure	Stadt, Unternehmen am Standort, Immobilien-Investoren
Technologie / Strategie	Nachhaltige Stadtentwicklung

Bezeichnung	**MEP 5**
Maßnahmentitel	**Erweiterung des Gastronomieangebotes an den Industriestandorten**
Beschreibung	Aufgrund der Datenaufnahme am ausgewählten Standort wurde ersichtlich, dass das Gastronomieangebot vor Ort bereits in hohem Maße breit aufgestellt und unternehmensübergreifend in Anspruch genommen wird (vgl. Kap. 3.3). Dennoch wurden die Potentiale einer besseren räumlichen Verteilung, sowie einer verbesserten Vernetzung vor Ort bzgl. des Gastronomieangebotes ermittelt. Bspw. kann zusätzlich die Betriebskantine des Unternehmens C auch für die benachbarten Unternehmen, sowie für das urbane Umfeld geöffnet werden. Außerdem gibt es die Möglichkeit, das Gastronomieangebot um einen gemeinsamen, speziell für die Industriegebiete organisierten Lieferservice zu ergänzen.
Potential zur Effizienzsteigerung	Steigerung der Mitarbeiterzufriedenheit am Standort, Kosteneinsparungen
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort
Technologie / Strategie	Vernetzung am Standort

Bezeichnung	**MEP 6**
Maßnahmentitel	**Heatmap der Wohnortverteilung der Mitarbeiter am Standort**
Beschreibung	Mit dem übergeordneten Ziel einer Optimierung des regionalen Mobilitätskonzeptes am Standort (vgl. Anforderungsprofil Organisation) soll auch die Personenmobilität als wichtiger Bestandteil des genannten Konzeptes optimiert werden. Dafür müssen konkrete Erkenntnisse u.a. über die bestehenden Pendlerströme am Standort als Teil einer Bedarfsanalyse gewonnen werden. Somit besteht ein erster Schritt zur Erfassung und Charakterisierung sämtlicher Personenmobilitätsprofile am Standort in der Aufstellung einer »Heatmap« der Wohnortverteilung sämtlicher Mitarbeiter am Standort der Industriegebiete. Diese Maßnahme bildet somit die Grundlage für die nächsten Schritte, mit dem übergeordneten Ziel der Ableitung bzw. Aufstellung geeigneter Mobilitätskonzepte am Standort, inklusive für die Personenmobilität (vgl. Maßnahme ORG 6), v.a. in Bezug auf die sogenannte »letzte Meile«, bspw. realisiert durch Mobilitätshubs zum Umsteigen, ausgestattet mit Fahrrad-Mietboxen, bzw. durch den Ansatz »Rad-Bahn-Rad«.
Potential zur Effizienzsteigerung	Optimierte Personenmobilität, Steigerung der Mitarbeiterzufriedenheit, Reduktion von direkten Verkehrsemissionen am Standort
Zuständige / beteiligte Akteure	Stadt, Region, Mobilitätsanbieter, Unternehmen am Standort
Technologie / Strategie	Bedarfsanalyse

Bezeichnung	**MEP 7**
Maßnahmentitel	**Ausbau der Zuschüsse für die ÖPNV-Nutzung**
Beschreibung	Die aktuell bestehenden Anreizsysteme zur Nutzung des öffentlichen Personennahverkehrs am ausgewählten Standort funktionieren gut (vgl. Kap. 3.3). Dennoch ist für eine

	optimierte Weiterentwicklung der Personenmobilität der Ausbau dieser Anreizsysteme erforderlich. Als wichtige Erkenntnis der im Rahmen dieses Projektes am Standort durchgeführten Untersuchungen konnte in dieser Hinsicht die Möglichkeit des Ausbaus der städtischen hin zu regionalen Zuschüssen für die ÖPNV-Nutzung abgeleitet werden. Während der durchgeführten Datenaufnahme in den Industriegebieten erwiesen sich die Unternehmen B und D als direkt daran interessiert.
Potential zur Effizienzsteigerung	Optimierte Personenmobilität, Steigerung der Mitarbeiterzufriedenheit, Reduktion von direkten Verkehrsemissionen am Standort
Zuständige / beteiligte Akteure	Stadt, Region, Mobilitätsanbieter, Unternehmen am Standort
Technologie / Strategie	Ausbau der städtischen und regionalen Anreizsysteme für die Personenmobilität

Bezeichnung	**MEP 8**
Maßnahmentitel	**Shared Events**
Beschreibung	Um die Außendarstellung zu optimieren, die Akzeptanz am Standort zu steigern, aber letztendlich auch um neue Arbeitskräfte zu gewinnen, organisieren Unternehmen verschiedene Veranstaltungen, oft auf dem eigenen Gelände. Dies geschieht bereits auch in den hier ausgewählten Industriegebieten, bspw. am »Tag der Chemie« (vgl. Kap. 3.3). Dennoch bietet es sich gerade an solchen Standorten mit einer hohen räumlichen Dichte an angesiedelten Unternehmen sowie in Stadtnähe an, lokale Veranstaltungen gemeinsam auszutragen. Bspw. an einem »Tag der offenen Türen der Industriegebiete« können sich sämtliche oder zumindest mehrere Unternehmen der jeweiligen Industrie- oder Gewerbegebiete beteiligen und so den einzelnen Aufwand, aber auch die spezifischen Kosten für ein jedes Unternehmen reduzieren. Ein weiterer Vorteil dabei ist, dass sich auch kleinere Unternehmen am Standort daran beteiligen können, die ggf. im Alleingang diese Möglichkeit nicht haben.
Potential zur Effizienzsteigerung	Steigerung des Bekanntheitsgrades aller beteiligten Unternehmen, der Mitarbeiterzufriedenheit und der Akzeptanz am Standort, Kosteneinsparungen
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort, Stadt
Technologie / Strategie	Vernetzung am Standort

Anforderungsprofil Organisation

Bezeichnung	**ORG 1**
Maßnahmentitel	**Einsatz digitaler Werkzeuge zur Effizienzsteigerung am Standort**
Beschreibung	Die Steigerung der Ressourceneffizienz in der Produktion ist durchweg ein kritischer Faktor für die Wettbewerbsfähigkeit von Wirtschaftsakteuren in dem produzierenden Gewerbe. Um Ressourcen nachhaltig und optimal einsetzen zu können, bedarf es in einem ersten Schritt einer Erhöhung der Transparenz des Ressourcenverbrauchs. In den heutzutage sehr oft vorherrschenden hochkomplexen Produktionssystemen können effiziente digitale Werkzeuge bzw. Maßnahmen der digitalen Transformation zur Erhöhung der Transparenz im Ressourceneinsatz verhelfen [73]. Beispiele dafür wurden bereits am ausgewählten Standort vorgefunden, in Form eines integrierten ERP-Systems, das zur Materialüberwachung und Stoffstromplanung im Unternehmen H eingesetzt wird (vgl. Kap. 3.3). Darüber hinaus können jedoch verschiedene weitere digitale Werkzeuge sowie Maßnahmen der digitalen Transformation, insbesondere unternehmensübergreifend am ausgewählten Standort eingesetzt werden. Konkrete Best-Practice-Anwendungsbeispiele dafür liefert eine aktuelle Studie unter der Beteiligung des Fraunhofer IPA [73]. Eine spezifische Empfehlung für die untersuchten Industriegebiete stellt außerdem die Durchführung einer übergeordneten Materialflussanalyse für den gesamten Standort dar, mit dem Ziel der Transparenzschaffung im Rohstoffeinsatz. Darüber hinaus wird den Unternehmen ebenso empfohlen, an den Ultraeffizienz-Branchen-Benchmarks des Fraunhofer IPA [74] teilzunehmen, um kontinuierlich

	den Ist-Zustand der Effizienz des jeweiligen Standortes zu verfolgen und diesen mit demjenigen weiterer Akteure der jeweiligen Branchen vergleichen zu können. Außerdem empfiehlt es sich ebenfalls, sowohl in den einzelnen Unternehmen, als auch übergreifend in den gesamten Industriegebieten, nähere spezifische Untersuchungen zu Möglichkeiten der nachhaltigen Reduktion von Ressourcenverschwendung in der Produktion nach der am Fraunhofer IPA entwickelten Eco-Lean-Methode [75] durchzuführen.
Potential zur Effizienzsteigerung	Steigerung der Energieeffizienz, der Materialeffizienz und Reduktion von Verschwendung in der Produktion
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort
Technologie / Strategie	digitale Werkzeuge (bspw. dynamisch kooperierende Systeme zur Echtzeit-Verfolgung des Ressourceneinsatzes, digitale Ortungs- und Lokalisierungssysteme) / Reduktion der Ressourcenverschwendung

Bezeichnung	**ORG 2**
Maßnahmentitel	**Ultraeffizienz-Austauschgemeinschaft im Industriegebiet**
Beschreibung	Um die Gesamteffizienz eines Industriegebietes zu erhöhen bzw. Ultraeffizienz zu erreichen, ist es unumgänglich, unternehmensübergreifende Maßnahmen in allen fünf Handlungsfeldern der Ultraeffizienzfabrik zu ergreifen. Dafür wird die Einrichtung einer Ultraeffizienz-Austauschgemeinschaft im Industriegebiet unter Beteiligung sämtlicher Akteure am Standort empfohlen. Neben dem bereits bestehenden »Energiestammtisch« sollten ebenfalls spezifische Arbeitskreise zu Materialeffizienz, Emissionen, Personalangelegenheiten und Organisation eingerichtet werden. Die entsprechend regelmäßig stattfindenden Meetings können durch Impulse von Bildungseinrichtungen wie Universitäten oder Hochschulen, von Forschungsinstituten oder von Unternehmen ergänzt werden, die spezifische Problemstellungen und entsprechende Lösungen aus Forschung und Industrie aufzeigen. Die Zielsetzung dieser Austauschgemeinschaft kann von Transparenzschaffung über Identifikation von Kooperationsmöglichkeiten bis hin zur gemeinsamen Lösungsfindung für konkrete Problemstellungen im Industriegebiet reichen. Ergänzend bietet sich darüber hinaus eine externe Vernetzung bzw. ein externer fachlicher Austausch mit Experten aus Forschung und Industrie im Rahmen des vom Fraunhofer IPA künftig angebotenen »Expertenforums Ultraeffizienz« [72] an.
Potential zur Effizienzsteigerung	Steigerung der Gesamteffizienz eines Industriegebietes in allen fünf Handlungsfeldern der Ultraeffizienzfabrik
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort, externe Partner (Bildung, Forschung, Wirtschaft)
Technologie / Strategie	Vernetzung am Standort

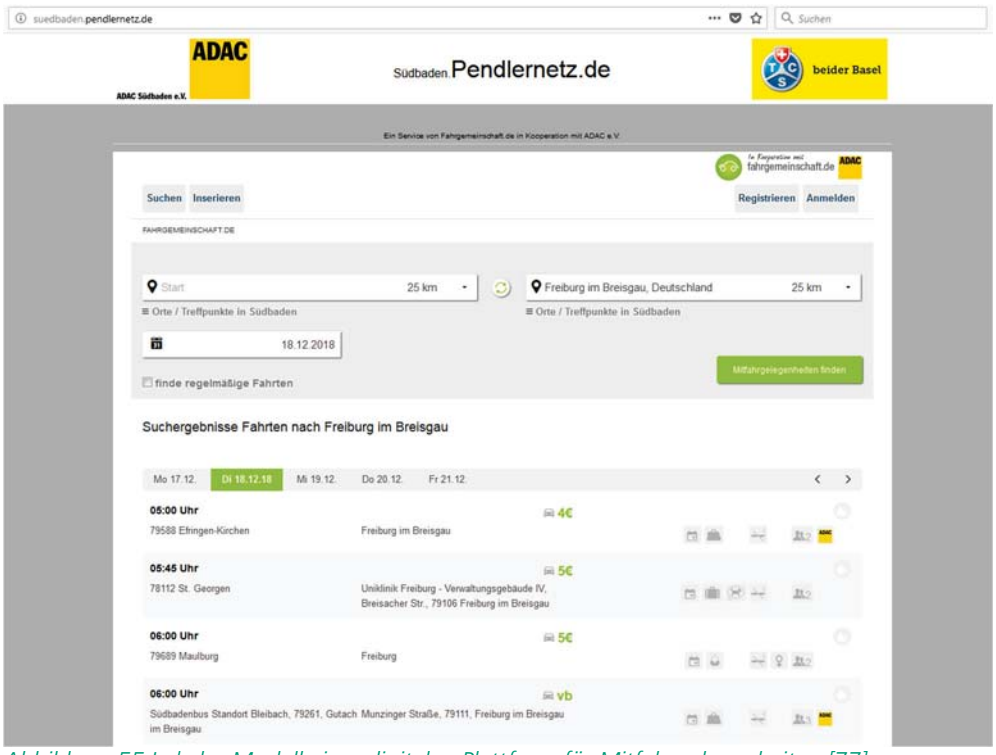
Bezeichnung	**ORG 3**
Maßnahmentitel	**Digitale Ultraeffizienz-Austauschplattform im Industriegebiet**
Beschreibung	Der aktuell aufkommende Trend des »Sharing Economy« hat Auswirkungen nicht nur auf bestehende oder neu etablierte Geschäftsmodelle von Unternehmen [1], sondern auch auf die Art und Weise, wie Unternehmen ihre Ressourcen beziehen. Bisher etablierte, lineare Zuliefererketten und -pyramiden werden allmählich zu komplexen Netzwerken und Strukturen. Mit dem Ziel, v.a. kritische Ressourcen nachhaltig und möglichst verschwendungsfrei, aber auch kostenoptimal zu beziehen, bietet sich speziell in Industriegebieten die Möglichkeit zur Einrichtung von digitalen Austauschplattformen für Ressourcen und Infrastrukturen, aber auch Produktionskapazitäten. Analog einer Austauschbörse können diese Plattformen für einen optimalen Ressourceneinsatz, aber auch für eine bessere Auslastung von Infrastrukturen und Produktionsmitteln (bspw. Maschinen und Anlagen) sorgen. Der Ansatz kann am ausgewählten Standort in den Handlungsfeldern Energie, Material, Mensch/Personal und Organisation, entweder übergreifend (bspw. betrieben von einer Standortbetreibergesellschaft) oder aber auch bilateral, branchenspezifisch von den Unternehmen genutzt werden.

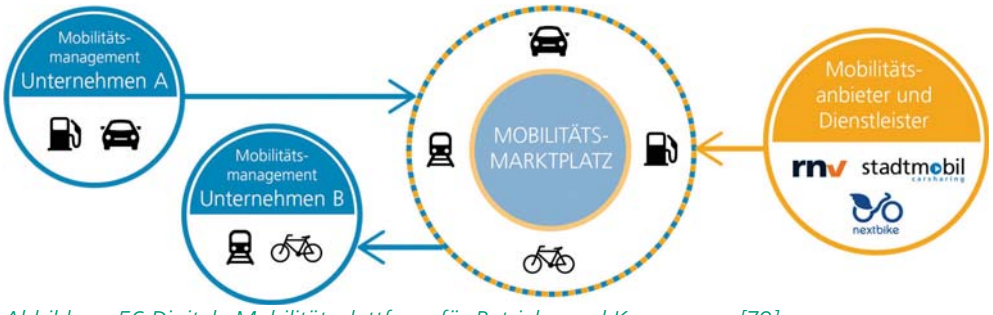
	Konkret kann diese Maßnahme in Form einer Webseite oder eines Softwareprogramms gestaltet werden, wobei die beteiligten Unternehmen relevante Daten bspw. aus ERP- oder MES-Systemen der Plattform als »extern buchbare Slots« in Echtzeit zur Verfügung stellen. Optional können auch weitere Informationen angezeigt werden, die jeweiligen externen Nutzer sollen jedoch nur die relevanten Daten (bspw. Performance und Rahmenbedingungen) einsehen können. Bei geeigneter Übereinstimmung können die Unternehmen direkt Kontakt aufnehmen und die jeweiligen Ressourcen austauschen. Im Fall eines automatisierten Datenaustausches zwischen Unternehmen und Plattform minimiert sich darüber hinaus auch der Aufwand zur Pflege des Informationsaustausches. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die gleiche Plattform auch als Kommunikationsplattform durch Integration von Informationen zu verschiedenen Dienstleistungen einzusetzen. Beispiele dafür sind Verfügbarkeiten bzw. Buchungssysteme für gemeinsam genutzter E-Mobilitätsinfrastruktur, Speisepläne der Kantinen, oder ein übergeordnetes KVP-Management in dem Industriegebiet, bspw. durch KVP-Beteiligung bzw. Vorschlagswesen mit einem Anreizsystem zur Meldung von Mängeln und Problemen am Standort, Dokumentationen von Schäden, Beschwerden-Management inkl. aus der Nachbarschaft, etc.
Potential zur Effizienzsteigerung	Optimierung von Ressourceneinsätzen (Material, Energie, Personal, Infrastruktur), Reduktion von Verschwendung, Optimierung von Kommunikationswegen am Standort
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort, externe Partner (bspw. IT-Dienstleister, Energieanbieter), Stadt und Bewohner
Technologie / Strategie	Informations- und Kommunikationstechnologien / Vernetzung am Standort

Bezeichnung	**ORG 4**
Maßnahmentitel	**Optimierung der Logistik und des Industrieverkehrs**
Beschreibung	Stadtnahe Industrie- und Gewerbegebiete sowie begrenzte Flächen bringen auch Herausforderungen mit sich. Eine davon ist das optimale Management des regionalen Personenverkehrs, aber auch der Logistik sowie des Industrieverkehrs. Räumliche Randbedingungen am ausgewählten Standort begrenzen zum Teil entsprechende Ausbau- und Erweiterungsmöglichkeiten. Im Fall von historisch entstandenen urbanen Produktionsstandorten wird die Logistik in der Regel erst posthum detailliert geplant, was zur Problematik dadurch führen kann, dass die Umgebungsbedingungen keinen optimalen Ausbau der Logistik mehr zulassen. Zur Modellierung von urbanen Produktionen und der zugehörigen logistischen Aspekte auf einer holistischen Weise wurden bereits verschiedene Ansätze entwickelt. Solche Modelle können dabei unterstützen, das Verständnis über die Wechselwirkungen zwischen urbanen Fabriken und der entsprechenden logistischen Abläufe zu verbessern. Um einen holistischen Überblick einer urbanen Produktion und ihrer Logistik zu verschaffen, wird vorgeschlagen, eine hierarchische Abstraktion der urbanen Fabrik zu erstellen. Die dabei entstandene Architektur enthält somit die Planungsanforderungen für Fabrik und Logistik, aber auch entsprechende Betriebsrichtlinien. [2] Vor diesem Hintergrund sind eher organisatorische Maßnahmen zu empfehlen, die zu einer Steigerung der Effizienz der Logistik sowie des industriellen Verkehrs am Standort führen können. Einerseits gilt es, sämtliche am Standort verfügbare Verkehrsarten optimal auszulasten. In dieser Hinsicht gibt es die Möglichkeit, den industriellen Verkehr möglichst auf den Schienenverkehr zu verlagern und die entsprechende Bahninfrastruktur vor Ort gemeinsam zu nutzen. Des Weiteren bietet sich ebenfalls an, den Logistik-Verbund in den Industriegebieten auszubauen – sowohl die straßen-, als auch die schienengeführte Logistik. Dabei können auch Logistikdienstleistungen gemeinschaftlich in Anspruch genommen werden. Ein Konkreter Vorschlag bezieht sich auf die Endprodukte des Unternehmens G, welche in den Industriegebieten gemeinschaftlich für die Intralogistik eingesetzt werden können. Andererseits können die benachbarten Unternehmen die jeweiligen Firmen-Fuhrparks zu gemeinschaftlich betriebenen Industriegebiet-Fuhrparks ausbauen.

	Somit können sowohl die Auslastung der Infrastruktur für Logistik und Transport, als auch der Verkehr am Standort optimiert werden. Darüber hinaus leistet diese Maßnahme einen Beitrag zur nachhaltigen Reduktion von direkten, verkehrsbedingten Emissionen vor Ort. Zu einem optimalen Management dieser Ansätze kann auch in diesem Bereich die Maßnahme ORG 3 (vgl. weiter oben) eingesetzt werden.
Potential zur Effizienzsteigerung	Entlastung von Verkehrswegen, Reduktion von lokalen, verkehrsbedingten Emissionen, Steigerung der Akzeptanz am Standort, Kosteneinsparungen
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort, Stadt, Region
Technologie / Strategie	Nachhaltige Stadtentwicklung, Vernetzung am Standort

Bezeichnung	**ORG 5**
Maßnahmentitel	**Ausbau der Elektromobilität am Standort**
Beschreibung	Auch im Bereich des aktuell rasant aufsteigenden Trends der Elektromobilität wurden am ausgewählten Standort Potenziale entdeckt. Es besteht die Möglichkeit, einige organisatorische Maßnahmen an der Schnittstelle zu den Anforderungsprofilen Energie und Emissionen zu ergreifen, um die Gesamteffizienz des Standortes zu erhöhen. In dieser Hinsicht liegen am Standort sogar einige begünstigende Rahmenbedingungen vor. Aufgrund des benachbarten Laufwasserkraftwerks sowie eines volatilen Strombedarfs vor Ort ist zeitweise ein Überschuss an elektrischer Energie vorhanden. Ähnliches wurde auch im Bereich der Wasserstoffversorgung am Standort identifiziert. Diese günstigen Randbedingungen bieten eine optimale Grundlage zur Konzeption und zum Aufbau einer ausgedehnten E-Mobilitätsinfrastruktur innerhalb der Industriegebiete, der Stadt sowie der umgebenden Region – bspw. dem Einzugsgebiet der pendelnden Mitarbeiter. Konkrete Anwendungsszenarien beinhalten eine gemeinschaftlich betriebene Infrastruktur für elektrisch oder mit Wasserstoff betriebene Intralogistikfahrzeuge, Dienstfahrzeuge oder sogar Mitarbeiterfahrzeuge, sowie Fahrzeuge des öffentlichen Personennahverkehrs (vgl. NRG 5). Nicht nur E-Autos, sondern auch E-Fahrräder, E-Scooter oder E-Roller können dabei einbezogen werden. Dabei wichtig zu berücksichtigen ist auch das Konzept »Laden am Arbeitsplatz«, im Rahmen dessen Mitarbeiter ihre Fahrzeuge an ihren Arbeitsplätzen vergünstigt oder sogar kostenlos laden können. Ein Best-Practice-Beispiel in dieser Richtung ist das bundesgeförderte Projekt »LamA – Laden am Arbeitsplatz«, an dem auch das Fraunhofer IAO beteiligt ist. Das Projekt soll einen Beitrag zur Luftverbesserung in Kommunen leisten, wobei »neue Ladepunkte etabliert werden sollen, die nicht nur Mitarbeitenden und Dienstwagenflotten, sondern ebenso Dritten zur Verfügung gestellt werden, sodass beispielsweise Anwohner auch profitieren können. Als Leuchtturmprojekte gelten Stuttgart, Freiburg und Dresden, wobei besonders die Mehrwerte neuer Geschäftsmodelle durch die Integration von Flotten- und Lademanagement bei Dienstwagenflotten untersucht werden. So wird es zusätzlich eine Buchungsplattform via App geben, bei der Reservierungsfunktionen und Corporate-Car-Sharing ermöglicht werden«. [76] Auch eine Kooperation mit Flottendienstleistern zur Bereitstellung von Miet- oder Sharing-Fahrzeugen kann zu ähnlich positiven Auswirkungen auf die Standorteffizienz am ausgewählten Standort führen. Ein langfristig umsetzbares »Gesamtkonzept Elektromobilität« u.a. zur Emissionsreduktion findet sich ebenfalls in dem kommunalen Klimaschutzkonzept der Stadt als Handlungsoption wieder, wobei mittlere mögliche THG-Einsparungen und mittlere entstehende Kosten für die Stadt geschätzt wurden [35].
Potential zur Effizienzsteigerung	Entlastung von Verkehrswegen, Reduktion von lokalen, verkehrsbedingten Emissionen, Steigerung der Akzeptanz und der Mitarbeiterzufriedenheit am Standort
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen und Mitarbeiter am Standort, Stadt, Region
Technologie / Strategie	Elektrofahrzeuge inkl. Infrastruktur / Nachhaltige Stadtentwicklung, Vernetzung am Standort

Bezeichnung	**ORG 6**
Maßnahmentitel	**Optimierung der Personenmobilität im städtischen Umfeld**
Beschreibung	Neben den vorhin genannten Ansätzen der Maßnahme ORG 5, wurde eine Reihe von weiteren organisatorischen Potenzialen bzgl. der Optimierung der Personenmobilität am ausgewählten Standort identifiziert. Einerseits können weitreichende Ansätze umgesetzt werden, wie die teilweise Verlagerung des Personenverkehrs auf die Schiene. Dafür können ggf. Großinvestitionen notwendig sein, bspw. zur Errichtung von neuen Bahnstationen auf der Strecke von Beuggen nach Rheinfelden, einschließlich in der Nähe des Industriegebietes. Dabei sollten auch konkrete Möglichkeiten zur Einführung einer Lokalbahn (S-Bahn-Modell als Stadt-Bahn) geprüft werden. Des Weiteren kann eine Infrastruktur zum »Park-and-Ride« (P+R) in den Stadtrandgebieten errichtet und Industriegebiets-Shuttle (»Inter-Werksshuttle«) ggf. mit Elektrofahrzeugen (vgl. ORG 5) zwischen den P+R-Parkplätzen und den Industriegebieten vor Ort eingeführt werden. Andererseits gibt es die Möglichkeit des Aufbaus einer lokalen, digitalen Plattform für Mitfahrgelegenheiten für Mitarbeiter der Industriegebiete. Diese können auf die in Rheinfelden bereits heute unternehmensübergreifend geregelt gestaffelten Ablösezeiten abgestimmt werden. Der Vorteil der Nutzer, die dann ähnliche Arbeitszeitprofile haben, im Gegensatz zu bereits existierenden lokalen Modellen (vgl. Abbildung 55), kann zu einer hohen Inanspruchnahme und somit einer spürbaren Effizienzsteigerung in der Personenmobilität am Standort führen. Übergeordnet besteht das Potenzial des Einsatzes sowie der Weiterentwicklung (lokale Anpassung) einer Mobilitäts-App zur Erfassung von Arbeitswegen von Mitarbeitern sowie der dafür genutzten Mobilitätsressourcen am Standort. Das vom Fraunhofer IAO mitentwickelte Konzept »Smart Urban Services« bietet sowohl eine zentrale Aufnahme der lokalen Anforderungen an ein Mobilitätskonzept, als auch die von User-Feedback an. Zudem gibt es auch die sehr vorteilhafte Möglichkeit, sich an diesem Vorhaben als »Stadtlabor« aktiv zu beteiligen. [78]  *Abbildung 55 Lokales Modell einer digitalen Plattform für Mitfahrgelegenheiten [77]*

	Ebenfalls zur Bewertung der Mitarbeitermobilität, der Ableitung von konkreten und detaillierten Handlungsempfehlungen sowie der iterativen Nachverfolgung und Schärfung von Maßnahmen am ausgewählten Standort erweist sich der Einsatz eines vom KEIM Anwendungszentrum des Fraunhofer IAO entwickelten Reifegradmodells im Rahmen des Projektes »Eco Fleet Services« [79]. Im Rahmen dessen wurde eine digitale Mobilitätsplattform für Betriebe und Kommunen entwickelt (vgl. Abbildung 56).  *Abbildung 56 Digitale Mobilitätsplattform für Betriebe und Kommunen [79]* Schließlich ergibt sich ebenfalls übergeordnet für die Kommune am ausgewählten Standort die Möglichkeit zur Teilnahme an Kommunen-Partnerschaften zur Entwicklung einer sogenannten Mobilitätswirtschaft 4.0. Dies kann im Rahmen von künftigen Ausschreibungsrunden des Förderprogramms des Landes Baden-Württemberg »InKoMo 4.0 – Innovationspartnerschaften zwischen Kommunen und Mobilitätswirtschaft 4.0« – Auf dem Weg zu intelligenten Mobilitätsregionen erfolgen. [80] [81] Diese Maßnahme ist darüber hinaus im Einklang mit dem Aspekt des »Rheinfelden-übergreifenden Mobilitätsmanagements« aus dem kommunalen Klimaschutzkonzept der Stadt, welcher langfristig umsetzbar zwar hohe entstehende Kosten für die Stadt, jedoch mittlere mögliche THG-Einsparungen hervorrufen kann [35].
Potential zur Effizienzsteigerung	Entlastung von Verkehrswegen, Reduktion von lokalen, verkehrsbedingten Emissionen, Steigerung der Akzeptanz und der Mitarbeiterzufriedenheit am Standort
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen und Mitarbeiter am Standort, Stadt, Region, Mobilitätsanbieter und -dienstleister
Technologie / Strategie	Informations- und Kommunikationstechnologien / Vernetzung am Standort und übergreifend

Bezeichnung	**ORG 7**
Maßnahmentitel	**Zentralorganisierte, gemeinschaftliche Meeting- und Konferenzinfrastruktur**
Beschreibung	Viele Wirtschaftsakteure nutzen eine weitere wichtige Ressource im Bereich der Kommunikation, und zwar eine Infrastruktur für größere Meetings, Tagungen und Konferenzen. Für größere Unternehmen oft eine Selbstverständlichkeit, stellt diese Infrastruktur für kleine und mittlere Unternehmen zum Teil eine Herausforderung dar. Vor diesem Hintergrund besteht in Industriegebieten das Potenzial zur Errichtung von zentralorganisierten, gemeinschaftlich genutzten Meeting- und Konferenzinfrastrukturen. Bei Bedarf von Veranstaltungsräumen, die im Unternehmen nicht verfügbar sind, erfolgt bei gegebener Verfügbarkeit der gemeinschaftlichen Infrastruktur eine Anmietung und Inanspruchnahme seitens der einzelnen Unternehmen. Dadurch wird außerdem auch eine bessere Auslastung der Räumlichkeiten gewährleistet. Darüber hinaus kann die Verwaltung dieser Maßnahme ebenfalls in die digitale Ultraeffizienz-Austauschplattform von Industriegebieten (vgl. Maßnahme ORG 3) integriert werden.
Potential zur Effizienzsteigerung	Steigerung der Raumeffizienz (Veranstaltungsräumlichkeiten), Kosteneinsparungen
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort
Technologie / Strategie	Vernetzung am Standort

Bezeichnung	**ORG 8**
Maßnahmentitel	**Zentral, gemeinschaftlich betriebene/s Rechenzentrum / lokale Cloud**
Beschreibung	Weil Daten zunehmend wichtiger werden, besteht eine heutzutage kritische Ressource von Unternehmen in der IT-Infrastruktur, mit ihrem Herzstück, die Rechenzentren. Für größere Unternehmen oft eine Selbstverständlichkeit, stellt diese kritische Infrastruktur v.a. für kleine und mittlere Unternehmen zum Teil eine große Herausforderung dar. Aufgrund der Sicherheitsrisiken scheuen sich oft KMU, auf Cloud-Lösungen zu setzen. In Industriegebieten besteht daher das große Potenzial zur Errichtung von zentralen, gemeinschaftlich betriebenen Rechenzentren bzw. lokalen Cloud-Infrastrukturen. Eine zentrale Rechenzentrum-Architektur kann nicht nur zur Einsparung von Raum und elektrischer Energie führen, sondern bietet aufgrund der somit geschaffenen Skaleneffekte auch die Möglichkeit einer wirtschaftlichen Nutzung der Abwärmemengen aus der Rechnerkühlung, an der Schnittstelle zum Anforderungsprofil Energie. Auch die Aufwände für einmalige Brandschutzmaßnahmen, gemeinschaftliche und somit effektivere Inanspruchnahme von Instandhaltungsdienstleistungen und eine Adaption an eigene Anforderungen (Größe, Performance, Speicherplatz) bringen große Vorteile. Darüber hinaus erfolgt auch eine Bündelung und somit eine Reduktion der spezifischen finanziellen Ausgaben für Rechendienstleistungen unter einer entsprechenden Verschlüsselungstechnologie (bspw. mit einer privaten Cloud) mit zeitgemäßer Datenanbindung.
Potential zur Effizienzsteigerung	Steigerung der Raum- und Energieeffizienz sowie der von Dienstleistungen, Reduktion von Emissionen (Abwärme), Kosteneinsparungen
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort, externe Partner (bspw. IT-Dienstleister)
Technologie / Strategie	Informations- und Kommunikationstechnologien / Vernetzung am Standort

Bezeichnung	**ORG 9**
Maßnahmentitel	**Shared Services**
Beschreibung	Im Bereich der allgemeinen Dienstleistungen am ausgewählten Standort wurden ebenfalls Potenziale zur Steigerung der Gesamteffizienz identifiziert. Services wie Instandhaltung, Reinigung (Raumreinigung, Reinigung von Arbeitskleidung) oder Grünflächenpflege und Pflanzen-Service können optimal auch unternehmensübergreifend in Anspruch genommen werden. Die Verwaltung des unternehmensspezifischen Bedarfs sowie der Umsetzung dieses Ansatzes kann ebenfalls mithilfe der digitalen Ultraeffizienz-Austauschplattform im Industriegebiet durchgeführt werden (vgl. Maßnahme ORG 3).
Potential zur Effizienzsteigerung	Steigerung der Effizienz von Dienstleistungen, Kosteneinsparungen
Zuständige / beteiligte Akteure	Unternehmen am Standort, externe Partner (bspw. verschiedene Dienstleister)
Technologie / Strategie	Vernetzung am Standort

5.2 Langfristige Verstetigung

Die allgemein formulierten Maßnahmen zum Aufbau stadtnaher Industriegebiete im Sinne der Ultraeffizienz sind als Handlungsempfehlungen an Unternehmen und Kommunen zur Steigerung der Gesamteffizienz von Industriegebieten, aber auch als Anforderungen an Ultraeffizienzfabriken zum Aufbau stadtnaher Industriegebiete im Sinne der Ultraeffizienz zu betrachten. Das vorliegende Konzept beantwortet somit die Leitfrage »Was müssen Unternehmen bei einer *ultraeffizienten* Standortplanung bzw. Ansiedlung einhalten bzw. umsetzen, um die Gesamteffizienz des Standortes sowie die Akzeptanz des urbanen Umfeldes zu steigern?« und liefert dafür einen allgemein übertragbaren Anforderungskatalog für den Auf- bzw. Ausbau stadtnaher Industriegebiete im Sinne der Ultraeffizienz.

Ein wichtiger Ansatz bei der Umsetzung des vorliegenden Konzeptes ist die Abwägung von wirtschaftlichen Interessen der am Standort angesiedelten Unternehmen, mit politischen Interessen und Bedarfen bzw. Wünschen der Bürger. Es erfordert ein Zusammenrücken der Stakeholder unter einer gemeinsamen Vision bzw. einem gemeinsamen Leitbild. Ist dieses Leitbild erzeugt, müssen die Maßnahmen gemeinsam realisiert werden. Dazu wird es immer wieder nötig sein, korrigierend, motivierend und steuernd einzugreifen. Eine wichtige Aufgabe wird es sein, das zugrunde gelegte Geschäftsmodell auszuprägen und in die Nutzung zu überführen. Diese Rollen können alle am Standort etablierten Unternehmen und Stakeholder wahrnehmen. Es wird insbesondere bei stark differenzierten Individualinteressen zu Diskussionen mit der Gefahr von Blockaden kommen. Ein weiterer Ansatz ist die Übertragung der Rolle an einen unabhängigen, gut vernetzten Dritten. Dieser kann sowohl Impulse einbringen aber auch die Moderatorenfunktion übernehmen. Für die Leistung und deren Verfügbarkeit müssten die Stakeholder jedoch zahlen. Beispiele für Stakeholder mit hohem Beteiligungspotenzial sind Wirtschaftsförderungen, Stadtwerke oder weitere kommunale Betriebe bzw. lokale oder regionale Energie- und Klimaschutzmanager, die entsprechende Planungs-, Genehmigungs- und Umsetzungsprozesse, aber auch bspw. kommunale Energiekonzepte für Industrie- und Gewerbegebiete koordinieren können. Auf Basis der Erfahrungen aus den Round-Table-Workshops ist ebenfalls die Partizipation von Stadtplanern, Fabrikplanern, Energieplanern, aber auch von Energieversorgern und Mobilitätsanbietern von Vorteil.
Eine dritte Möglichkeit ist der Aufbau einer Standortbetreibergesellschaft. Diese könnte Überschüsse direkt an die beteiligten Stakeholder zurückführen, gleichzeitig wäre die fehlende Gewinnorientierung ein Vorteil hinsichtlich der potenziell entstehenden Kosten.

In Interviews mit Experten [82] ist die Standortbetreibergesellschaft als der nachhaltigste Ansatz identifiziert worden, da abhängig von der Beteiligungsstruktur eine Priorisierung von Individualinteressen erschwert wird. Aber die Standortbetreibergesellschaft kann unterschiedlich getragen sein – bspw. komplett durch die Standortunternehmen. Dann könnte bei einer mehrheitlichen Neuausrichtung der Unternehmen, der ganzheitliche Charakter in Mitleidenschaft gezogen werden. Alternativ kann die öffentliche Hand den Betrieb organisieren. Hierbei gibt es von Unternehmen meist eine limitierte Unterstützung, da der Staat oder die Kommune nicht gleiche Effizienzorientierung besitzen, wie Unternehmen. Daher ist eine Beteiligung von öffentlicher Verwaltung und Politik neben der Beteiligung von Unternehmen ein passbarer Mittelweg (öffentlich-private Partnerschaft), der effiziente Strukturen, aber auch langfristige Ausrichtung sicherstellen kann.
Durch die Etablierung einer Standortbetreibergesellschaft nach den Maßgaben einer öffentlich-privaten Partnerschaft (Abbildung 57) kann langfristig gesichert werden, dass Maßnahmen konsequent verfolgt werden. Gleichzeitig wird durch die Anregung des Diskurses sowie der Einbindung von Experten Transparenz über Bedarfe und Angebote fortwährend geschaffen.

Durch die Beteiligung verschiedener Stakeholder wird das Risiko gestreut. Ein Steuerkreis definiert regelmäßig die Ziele der Aktivitäten und Maßnahmen. Ebenso prüft er den Erfüllungsgrad und die damit verbundene Erfolgsquote der Maßnahmen. Damit können operative Entscheidungen von den Stakeholdern entkoppelt getroffen werden, ohne sie aus der Verantwortung und Entscheidung auszuschließen.
Durch die Angliederung an die öffentliche Verwaltung können Genehmigungsprozesse frühzeitig geplant und durch enge Vernetzung schnell umgesetzt werden. Ebenso könnten die Beschäftigungsverhältnisse über die Anstellung im öffentlichen Dienst erfolgen. Dann können sich die entwickelten und bereitgestellten Services und Dienstleistungen selbst tragen, was die administrativen Kosten begrenzen kann. Ebenso kann durch die enge Verzahnung von Verwaltung und Unternehmen die Anbahnung und Abwicklung von kooperativen Forschungsprojekten begünstigt werden.

Künftige Forschungsvorhaben können in diesem Sinne einen leichtverständlichen Zugang zu Ansatz und Realisierung ultraeffizienter Fabriken und Industriegebiete schaffen, beispielsweise durch geeignete Demonstrations- und Testumgebungen zu spezifischen Fragestellungen und Lösungen der Ultraeffizienz für Industriestandorte. Ein solcher Demonstrator kann somit zur Veranschaulichung, Validierung und Erforschung von industriellen Symbiose-Effekten in ultraeffizienten Industriegebieten entstehen. Darüber hinaus ermöglicht ein solches Best-Practice-Anschauungsobjekt bzw. Planungs- und Optimierungswerkzeug einen leicht verständlichen Zugang zur praktischen Umsetzung von Prinzipien der Ultraeffizienz sowohl im unternehmensinternen Umfeld, als auch in Symbiose mit den umgebenden Interessensgruppen. Dadurch kann Unternehmen, Betreibergesellschaften, Zweckverbänden, Kommunen, Stadtplanern u.a. die Möglichkeit geschaffen werden, den Planungsprozess zur Optimierung von Industrie- und Gewerbegebieten mittels zeitgemäßer, digitaler Visualisierungstechnologien im Sinne der Ultraeffizienz zu gestalten.

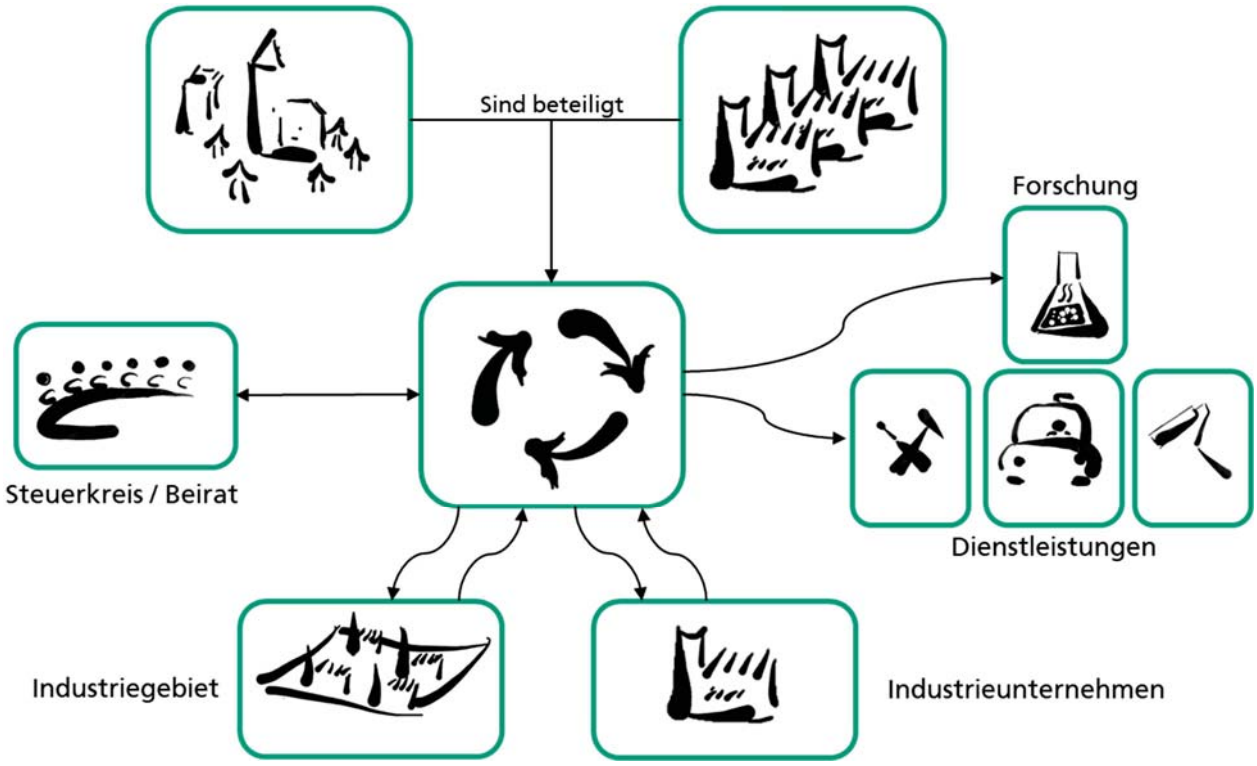


Abbildung 57 Schematische Darstellung einer Standortbetreibergesellschaft

Darüber hinaus wurde bereits 2012 in dem kommunalen Klimaschutzkonzept der Stadt der Aufbau eines ECO-Businesspark Industriegebiet Süd als Maßnahme mit mittlerer Höhe der möglichen THG-Einsparungen, bzw. der entstehenden Kosten für die Stadt, sowie mittelfristiger Umsetzbarkeit auf Rang zwei priorisiert [35]. Der Aufbau einer industriellen Symbiose ebenfalls mit diesem Areal besitzt hohes Potenzial. Dieses kann im Sinne der holistischen Vernetzung Impulse setzen und unterstützt bei der Adressierung aller Handlungsfelder der Ultraeffizienzfabrik. Werden alle deren Handlungsfelder berücksichtigt und gleichzeitig, übergreifend betrachtet, so kann die Etablierung eines stadtnahen Industriestandortes im Sinne der Ultraeffizienzfabrik gelingen.

Mit diesen Ansätzen können somit Nachhaltigkeit, Ressourcenschonung, Energieeffizienz, Emissionsreduktion, attraktive Arbeits- und Lebensumwelt langfristig strategisch verfolgt werden. Denn die Unternehmen werden konsequent an das gemeinsame Ziel erinnert. Gleichzeitig erfolgt die kontinuierliche Weiterentwicklung auf Basis aktueller Entwicklungen, Erfolgskonzepte und Erfahrungen, die ganzheitlich verfügbar sind.

6 Literaturverzeichnis

[1] Lentes, J. (2016): Urbane Produktion. In: D. Spath, E. Westkämper (Hrsg.), Handbuch Unternehmensorganisation, Springer Reference Technik, Springer Berlin Heidelberg.

[2] Abdoli, S. et al. (2019): An Investigation into Holistic Planning of Urban Factories. In: Procedia 26th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference, 7.-9. Mai 2019, Purdue University – West Lafayette

[3] Universität Stuttgart IAT (2016): Konzeptstudie Holistische Standortentwicklung von produzierenden Unternehmen unter Berücksichtigung von Wechselwirkungen mit dem Umfeld Konzeptstudie (HoliPOrt)

[4] Brehm, C.; Layton A. (2019): Designing eco-industrial parks in a nested structure to mimic mutualistic ecological networks. In: Procedia 26th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference, 7.-9. Mai 2019, Purdue University – West Lafayette

[5] Kerdlap, P. et al. (2019): Collaboration Platform for Enabling Industrial Symbiosis: Application of the Industrial-Symbiosis Life Cycle Analysis Engine. In: Procedia 26th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference, 7.-9. Mai 2019, Purdue University – West Lafayette

[6] Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH und Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (2015): German Experiences to obtain Energy Efficiency Gains in Cities through Eco-Industrial Park (EIP) Development. Beijing.

[7] Industrie- und Handelskammer Nordschwarzwald (Hrsg.) (2015): Leitfaden – Nachhaltige Gewerbe- und Industriegebiete der Zukunft. Pforzheim.

[8] Internationale Bodensee-Hochschule (2018): Gewerbegebiete 4.0 – Wettbewerbs- und zukunftsfähige Unternehmensstandorte im Bodenseeraum. Baustein 1: Analyse von Entwicklungstrends und Herausforderungen. Konstanz/Rapperswil/St. Gallen.

[9] Pichlmeier, F. (2018): VDI ZRE Kurzanalyse Nr. 22: Ressourceneffizienzpotenziale von Gewerbegebieten. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH. Berlin.

[10] Juraschek, M. et al. (2019): Die Handlungsfelder effektiver Stadtfabriken für die nachhaltige Entwicklung im urbanen Raum. In: W. Leal Filho (Hrsg.), Aktuelle Ansätze zur Umsetzung der UN-Nachhaltigkeitsziele. Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2019.

[11] Umwelttechnik BW GmbH und Universität Heidelberg – Heidelberg Center for the Environment HCE (2017): Ressourceneffiziente Eco-Industrial Parks Baden-Württemberg

[12] Europäische Union (2018): Guide on good practice in energy efficiency for Central and South Eastern Europe. Project number 2018.2793, ISBN 978-92-9202-352-2.

[13] Umweltbundesamt (Hrsg.) (2019): Hemmnisse und Potenziale zur Ressourceneffizienzsteigerung durch Optimierung regionaler und lokaler Stoffkreisläufe und Stoffströme – RegioRess, Abschlussbericht. ISSN 1862-4804. Dessau-Roßlau.

[14] Krause, M. et al. (2019): Empirische Studie zur regionalen Standortplanung – Ergebnisse und konzeptionelle Integration in einen problemadäquaten Planungsansatz. In: wt Werkstattstechnik online, Jahrgang 109 (2019) H. 6.

[15] Greenpoint Manufacturing and Design Center (2012): Sustaining Viable Manufacturing in Urban America – 2011 Annual Report. GMDC, Brooklyn.

[16] N.N. (2018): New Lab. Online verfügbar unter: newlab.com (Zuletzt abgerufen am 20.06.2018)

[17] N.N. (2018): American Apparel. Fashionable Basics. Sweatshop Free. Made in USA. Online verfügbar unter: global.americanapparel.com/en/aboutus/our-history.jsp (Zuletzt abgerufen am 20.06.2018)

[18] N.N. (2013): Rickshaw Bagworks | The Rickshaw Story. Online verfügbar unter: www.rickshawbags.com (Zuletzt abgerufen am 20.06.2018)

[19] N.N. (2018): TechShop is America's 1st Nationwide Open-Access Public Workshop – What Do You Want To Make at TechShop? Online verfügbar unter: www.techshop.ws (Zuletzt abgerufen am 20.01.2018)

[20] Jacobsen, N. (2006): Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark – A Quantitative Assessment of Economic and Environmental Aspects. In: Journal of Industrial Ecology, Volume 10, Number 1–2.

[21] Symbiosis Center Denmark (o.J.): KALUNDBORG SYMBIOSE. Online verfügbar unter: www.symbiosis.dk (Zuletzt abgerufen am 17.06.2018)

[22] N.N. (2018): PHOENIX Dortmund – Der Zukunft einen Standort geben. Online verfügbar unter: phoenixdortmund.de/de/home (Zuletzt abgerufen am 20.06.2018)

[23] Architekten Henn (Hrsg.) (2003): Die Gläserne Manufaktur – Taschenbuch. Junius, Hamburg.

[24] N.N. (2018): WITTENSTEIN AG – Die Urbane Produktion der Zukunft. Online verfügbar unter: www.wittenstein.de/de-de/unternehmen/produktion-der-zukunft/urbane-produktion (Zuletzt abgerufen am 20.06.2018)

[25] VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (Hrsg.) (o.J.): Ressourceneffizientes Gewerbegebiet. Online verfügbar unter: www.ressource-deutschland.de/instrumente/prozessketten/gewerbegebiet/#link-business_area (Zuletzt abgerufen am 17.07.2018)

[26] Projektträger Jülich | Forschungszentrum Jülich GmbH (2017): Ressourceneffiziente Fabriken in der Stadt. Online verfügbar unter: projektinfos.energiewendebauen.de/projekt/ressourceneffiziente-fabriken-in-der-stadt (Zuletzt abgerufen am 17.07.2018)

[27] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2015): Akteursplattform Ressourceneffizienz Baden-Württemberg 2014 – 2015, Ergebnisbericht. Stuttgart.

[28] Gassmann, O.; Frankenberger, K.; Csik, M. (2014): The St. Gallen Business Model Navigator, Working Paper, Universität St. Gallen, St. Gallen.

[29] Csik, M. (2014): Muster und das Generieren von Ideen für Geschäftsmodellinnovationen, Dissertation, Universität St. Gallen, St. Gallen.

[30] Roth, M.; Pavlova, K. (2017): Bau Dir das Geschäftsmodell der Zukunft – Uber, Aldi & Aldi sind heute, morgen kommst Du; Vortrag creativeBITS

[31] Osterwalder, A. (2004): The Business Model Ontology – a Proposition in a Design Science Approach, Universität Lausanne, Dissertation, Lausanne.

[32] Osterwalder, A.; Pigneur, Y. (2010): Business Model Generation, 1. Auflage, John Wiley & Sons, New Jersey.

[33] Statista (2018): Statista-Umfrage »KFZ 2018«. Online verfügbar unter: de.statista.com/prognosen/856962/umfrage-in-deutschland-zur-nutzung-des-autos-fuer-den-arbeitsweg (Zuletzt abgerufen am 28.06.2019)

[34] YouGov (2016): Omnibus, YouGov Umfrage zu Mittagspausen und Pausennutzung. Online verfügbar unter: de.statista.com/infografik/5719/hier-verbringen-arbeitnehmer-ihre-mittagspause (Zuletzt abgerufen am 28.06.2019)

[35] K. GROUP GmbH (2012): Ergebnisbericht für die Stadt Rheinfelden (Baden) – Kommunales Klimaschutzkonzept. Auftraggeber: Stadt Rheinfelden (Baden), Gefördert durch das Bundesumweltministerium. Online verfügbar unter: www.rheinfelden.de/ceasy/resource/?id=5100&download=1 (Zuletzt abgerufen am 27.09.2019)

[36] Frost & Sullivan (2016): Waste Heat Recovery. Top 50 Technologies.

[37] Getec heat & power AG (2016): Mehr Effizienz in der Industrie – Prinzip der Wärmetransformation zur Marktreife gebracht. In: BWK Energie, Bd. 68, Nr. 10. Online verfügbar unter: www.energiefachmagazin.de/2016/Ausgabe-10/Energie-Forum/Mehr-Effizienz-in-der-Industrie (Zuletzt abgerufen am 27.05.2019)

[38] Deutsche Energie-Agentur (2017): Leuchttürme energieeffiziente Abwärmenutzung – Projektsteckbrief GETEC heat & power AG. Online verfügbar unter: www.abwaerme-leuchtturm.de/leuchttuerme/getec-heat-power-ag (Zuletzt abgerufen am 25.03.2019)

[39] Sortech AG (2013): Mit Kälte aus industrieller Abwärme Effizienz-Potenziale nutzen – Adsorptionskälte in der Kunststoffverarbeitung. In: KI Kälte – Luft – Klimatechnik 04-2013. Online verfügbar unter: www.ki-portal.de/wp-content/uploads/2013/06/KI_04_2013_48-51_Sortech.pdf (Zuletzt abgerufen am 13.09.2019)

[40] Butz, J. (2019): Leuchtturmprojekt Abwasserwärmenutzung Neckarpark – Wärmeentzug, Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung. In: IWAES Workshop, 11. Juli 2019, Stuttgart.

[41] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (Hrsg.) (2018): Merkblatt zu den technischen Anforderungen an ein Wärmenetzsystem 4.0 – Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0. Eschborn.

[42] Emde, A. et al. (2018): Effizienzbetrachtung eines gekoppelten Energieversorgungssystems in der Industrie – Machbarkeitsuntersuchung eines gekoppelten Energieversorgungsverbunds. In: ZWF Jahrg. 113 (2018) 10. Carl Hanser Verlag, München.

[43] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2019): Stadt Freiburg im Breisgau – 25.000 Euro Preisgeld für Klimaanpassungskonzept gegen Hitzebelastung. Online verfügbar unter: www.klimaschutz.de/stadt-freiburg-im-breisgau-2019 (Zuletzt abgerufen am 06.11.2019)

[44] Spanner Re² GmbH (2017): Digital Energy Solutions realisiert bei Spanner Re² die Zukunft des Energiemanagements. Online verfügbar unter: www.holz-kraft.com/images/press_release/2017/171206_pm_digital_energy_solutions_spanner_re2.pdf (Zuletzt abgerufen am 07.06.2018)

[45] Umweltbundesamt (Hrsg.) (2018): SEWAGE SLUDGE DISPOSAL in the Federal Republic of Germany. ISSN (online) 2363-832X. Dessau-Roßlau.

[46] Technische Universität München (2013): Energiewirtschaftliche Bewertung der Wärmepumpe in der Gebäudeheizung. Studie im Auftrag des Bundesverbandes Wärmepumpe e. V. Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, München.

[47] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (o.J.): Ein ganz ausgezeichnetes Bürohaus. Online verfügbar unter: energiewende.baden-wuerttemberg.de/projekte/unternehmen/ein-ganz-ausgezeichnetes-buerohaus (Zuletzt abgerufen am 15.03.2019)

[48] Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg und Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (o.J.): Energieatlas Baden-Württemberg. Online verfügbar unter: www.energieatlas-bw.de (Zuletzt abgerufen am 26.07.2019)

[49] Schmitt, B. (2018): Möglichkeiten zur CO_2-freien Wärmebereitstellung in Industrie und Gewerbe. DIHK-Webinar *Solarthermie in der Prozesswärme*. 20. Juni 2018, Berlin.

[50] Lauterbach, C., Schmitt, B., Vajen, K. (2011): Das Potential solarer Prozesswärme in Deutschland – Teil 1 des Abschlussberichtes zum Forschungsvorhaben »SOPREN – Solare Prozesswärme und Energieeffizienz«. Kassel.

[51] Sauer, A., Abele E., Buhl, H. (2019): Energieflexibilität in der deutschen Industrie – Ergebnisse aus dem Kopernikus-Projekt - Synchronisierte und energieadaptive Produktionstechnik zur flexiblen Ausrichtung von Industrieprozessen auf eine fluktuierende Energieversorgung (SynErgie). Fraunhofer Verlag, ISBN 978-3-8396-1479-2. Fraunhofer IPA, Stuttgart.

[52] Sterner, M., Stadler, I. (Hrsg.) (2017): Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration. 2. korrigierte und ergänzte Auflage. Springer Vieweg, Berlin.

[53] Kempkens, W. (2019): Organische Elektrolyte sollen die Energiewende voranbringen. Online verfügbar unter: www.ingenieur.de/technik/forschung/organische-elektrolyte-sollen-die-energiewende-voranbringen (Zuletzt abgerufen am 25.03.2018)

[54] CMBlu Energy AG (o.J.): Die Natur als Vorbild – Wir speichern Energie in organischen Molekülen. Online verfügbar unter: www.cmblu.de/organische-elektrolyte (Zuletzt abgerufen am 25.03.2018)

[55] Solar Roadways, Inc. (o.J.): Solar Roadways – Solar Panels for Every Walking and Driving Surface. Online verfügbar unter: www.solarroadways.com (Zuletzt abgerufen am 03.06.2018)

[56] Schaab, D. et al. (2018): Simulative Analysis of a Flexible, Robust and Sustainable Energy Supply through Industrial Smart-DC-Grid with Distributed Grid Management. In: Procedia CIRP 69 (2018) 366–370; 25th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference, 30 April – 2 May 2018, Copenhagen, Denmark

[57] Agora Energiewende und Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (2019): Klimaneutrale Industrie – Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement. Online verfügbar unter: www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2018/Dekarbonisierung_Industrie/164_A-EW_Klima-neutrale-Industrie_Studie_WEB.pdf (Zuletzt abgerufen am 25.11.2019)

[58] DECHEMA und FutureCamp (2019): Roadmap Chemie 2050 – Auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen chemischen Industrie in Deutschland. ISBN 978-3-8396-1479-2. München, Frankfurt.

[59] Teichmann, D. et al. (2012): Energy storage in residential and commercial buildings via Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHC). In: Energy & Environmental Science, 2012, 5, 9044.

[60] Aydemir, A. et al. (2019): Abwärmenutzung in Unternehmen – Studie für das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Online verfügbar unter: www.ikem.de/wp-content/uploads/2019/06/Abw%C3%A4rmestudie-BW_final_25.06.2019.pdf (Zuletzt abgerufen am 13.11.2019)

[61] Fraunhofer UMSICHT (o.J.): KompEx LTA-CAES® modular: Druckluftspeicher für den ortsunabhängigen Einsatz – Entwicklung einer neuen Anlagentechnologie, um Strom mit Druckluft nachhaltig zu speichern. Online verfügbar unter: www.umsicht.fraunhofer.de/de/referenzen/druckluftspeicher-kompex-lta-caes.html (Zuletzt abgerufen am 17.05.2019)

[62] Mader GmbH & Co. KG (o.J.): Machen Sie Ihr Druckluftsystem smarter mit Druckluft 4.0. Online verfügbar unter: www.mader.eu/loesungen/druckluft-40 (Zuletzt abgerufen am 20.05.2019)

[63] Fraunhofer IPA (2019): Intelligente Druckluftsysteme. Online verfügbar unter: www.ipa.fraunhofer.de/de/Kompetenzen/effizienzsysteme/energieeffiziente-technologien-und-prozesse/intelligente-druckluft.html (Zuletzt abgerufen am 17.05.2019)

[64] ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (o.J.): Was ist der Unterschied zwischen Microgrids und Smart Grids? Online verfügbar unter: www.zhaw.ch/de/lsfm/institute-zentren/iunr/oeko-technologien-und-energiesysteme/erneuerbare-energien/microgrids/unterscheidung (Zuletzt abgerufen am 20.02.2019)

[65] DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2019): DIN EN ISO 14064-1:2019-06 Treibhausgase – Teil 1: Spezifikation mit Anleitung zur quantitativen Bestimmung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen und Entzug von Treibhausgasen auf Organisationsebene. Berlin.

[66] SICK AG (2013): GHG-Control – Treibhausgase messen statt berechnen. Online verfügbar unter: cdn.sick.com/media/docs/1/51/651/Product_information_GHG_Control_de_IM0052651.PDF (Zuletzt abgerufen am 15.09.2019)

[67] SICK AG (2018): Emissionsmesstechnik – Technologien und Lösungen aus einer Hand. Online verfügbar unter: cdn.sick.com/media/docs/5/45/945/Special_information_Emission_Measurement_Technology_de_IM0045945.PDF (Zuletzt abgerufen am 15.09.2019)

[68] SICK AG (2018): Prozessmesstechnik – Technologien und Lösungen aus einer Hand. Online verfügbar unter: cdn.sick.com/media/docs/7/47/947/Special_information_Process_Measurement_Technology_de_IM0045947.PDF (Zuletzt abgerufen am 15.09.2019)

[69] Reisinger, M.; Sauer, A. (2017): Urban production: smart rooftop greenhouses on factories. In: eceee 2017 Summer Study proceedings – Consumption, Efficiency & Limits. 29. Mai – 3. Juni 2017, Belambra Les Criques, Toulon/Hyères, France. ISSN 2001-7960, ISBN 978-91-983878-1-0, Stockholm. S. 887-892.

[70] Fraunhofer IPA (2019): Handout Green Wall Robot. Automation and Green Facades. Fraunhofer-Institute for Manufacturing Engineering and Automation IPA, Department Robot and Assistive Systems. Stuttgart.

[71] Fraunhofer IPA (o.J.): Expertenforum Global Environmental Compliance. Online verfügbar unter: www.ipa.fraunhofer.de/de/Kompetenzen/nachhaltige-produktion-und-qualitaet/schadstoffmanagement/expertenforum-global-environmental-compliance.html (Zuletzt abgerufen am 21.08.2019)

[72] Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (o.J.): Ultraeffizienzfabrik, Ganzheitlicher Ansatz – Ultraeffizienz. Online verfügbar unter: www.ultraeffizienzfabrik.de (Zuletzt abgerufen am 21.08.2019)

[73] Schebek, L. et al. (2017): Ressourceneffizienz durch Industrie 4.0 – Potenziale für KMU des verarbeitenden Gewerbes. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (VDI ZRE), Berlin.

[74] Waltersmann, L. et al. (2019): Benchmarking holistic optimization potentials in the manufacturing industry – A concept to derive specific sustainability recommendations for companies. In: Procedia 25th International Conference on Production Research Manufacturing Innovation: Cyber Physical Manufacturing, August 9-14, 2019, Chicago, Illinois (USA).

[75] Miehe, R. et al. (2016): The Eco Lean method – A combined approach for low cost economic and ecologic optimization in the manufacturing industry. In: Procedia 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems (CIRP-CMS 2016), May 25-27, 2016, Stuttgart.

[76] Fraunhofer IAO (o.J.): LamA Laden am Arbeitsplatz – Ein Beitrag zur Luftverbesserung in Kommunen. Online verfügbar unter: www.iao.fraunhofer.de/lang-de/forschung/digital-business/2141-lama-laden-am-arbeitsplatz.html (Zuletzt abgerufen am 27.09.2019)

[77] fahrgemeinschaft.de GmbH (o.J.): Suchergebnisse Fahrten nach Freiburg im Breisgau. Online verfügbar unter: suedbaden.pendlernetz.de (Zuletzt abgerufen am 18.03.2019)

[78] Fraunhofer IAO (o.J.): Internetauftritt des Projekts »Smart Urban Services«. Online verfügbar unter: www.smart-urban-services.de (Zuletzt abgerufen am 27.09.2019)

[79] Fraunhofer IAO (o.J.): Internetauftritt des Projekts »Eco Fleet Services«. Online verfügbar unter: www.ecofleetservices.de (Zuletzt abgerufen am 27.09.2019)

[80] Ministerium für Inneres, Digitalisierung und Migration Baden-Württemberg (2019): Förderaufruf InKoMo 4.0. Online verfügbar unter: www.digital-bw.de/-/20190205_news5_ausschreibung_forderprogramm (Zuletzt abgerufen am 25.09.2019)

[81] Städtetag Baden-Württemberg (Hrsg.) (2019): Digitale Mobilität in Kommunen – Analyse für die Gestaltung von Innovationspartnerschaften zwischen Kommunen und Mobilitätswirtschaft 4.0 (InKoMo 4.0)

[82] IAO (2019): Miniworkshop mit Experten zum Smart City Entwicklung, Urban Governance, Morgenstadt, Urban Data Management, Expertenworkshop am Fraunhofer IAO, Stuttgart, 14.05.2019

7 Anhang

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR PRODUKTIONSTECHNIK UND AUTOMATISIERUNG IPA

PRESSEINFORMATION

15. Mai 2018 | Seite 1 | 2

Industriegebiet für ultraeffizienten Ausbau gesucht

Gemeinden und Unternehmen sind zum Wettbewerb aufgerufen

Drei Fraunhofer-Institute suchen ein Industriegebiet in Baden-Württemberg, um gemeinsam mit Gemeinde und ansässigen Unternehmen ein stadtnahes ultraeffizientes Industriegebiet aufzubauen. Bis zum 15. Juni 2018 können sich interessierte Gemeinden und Unternehmen bewerben. Für den ausgewählten Standort wird kostenneutral ein individuelles Konzept entwickelt.

Ressourcen bestmöglich verwerten und Abfall sowie Emissionen weitgehend vermeiden, stellt für Unternehmen und Gemeinden einen immer wichtigeren Wettbewerbsfaktor dar. Ziel der Ultraeffizienzfabrik ist es, Wertschöpfungsprozesse zu schaffen, die Material, Energie, Personal und Kapital in einer Fabrik so einsetzen, dass weder Abfall noch Abwasser und Abluft entstehen.

Im Rahmen eines vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg geförderten Forschungsprojekts soll ein ganzheitliches Konzept für den Aufbau stadtnaher ultraeffizienter Industriestandorte entwickelt werden. Dieses wird von den drei beteiligten Fraunhofer-Instituten IAO, IGB und IPA gemeinsam mit den ansässigen Unternehmen, der Gemeinde unter Beteiligung von Fabrik- und Stadtplanern erstellt.

Städte, Gemeinden und Unternehmen in Baden-Württemberg, die Effizienz- und Effektivitätsmaßnahmen in einem Industriegebiet planen oder bereits umsetzen, sind aufgefordert, sich zu bewerben.

Der Preis: ein Konzept für ein stadtnahes ultraeffizientes Industriegebiet

Der Gewinner des Wettbewerbs erhält kostenneutral ein standortspezifisch entwickeltes Konzept. Enthalten sind neben Handlungsempfehlungen auch eine detaillierte, ganzheitliche Analyse von Symbiose-Effekten zum urbanen Umfeld, beispielsweise durch Stoffstrombewertungen sowie ein Geschäftsmodell für eine Standortbetreibergesellschaft nach der Vision der Ultraeffizienzfabrik.

IM AUFTRAG VON

Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Pressekommunikation
Jörg-Dieter Walz | Telefon +49 711 970-1667 | presse@ipa.fraunhofer.de
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA | Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart | www.ipa.fraunhofer.de

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR PRODUKTIONSTECHNIK UND AUTOMATISIERUNG IPA

PRESSEINFORMATION

15. Mai 2018 | Seite 2 | 2

Ablauf, Bewerbung und Teilnahme

Die bis zum 15. Juni 2018 eingegangenen Bewerbungen werden von Fraunhofer geprüft und bewertet. Drei davon kommen in die engere Auswahl. Für die drei Industriegebiete wird im Anschluss jeweils eine Round-Table-Veranstaltung mit Vertretern der jeweiligen Kommune, der beteiligten Unternehmen, mit Stadt- und Fabrikplanern sowie Fraunhofer-Experten durchgeführt. Daraus wählt Fraunhofer aufgrund der Ultraeffizienz-Kriterien ein Industriegebiet aus. Kosten entstehen für die Teilnehmer keine, da die Entwicklung des Konzepts im Rahmen des Forschungsprojekts »Ultraeffizienzfabrik« stattfindet.

Bewerbung und weitere Informationen unter:
www.ipa.fraunhofer.de/ultraeffizienzfabrik

Fachlicher Ansprechpartner
Ivan Bogdanov | Telefon +49 711 970-1338 | ivan.bogdanov@ipa.fraunhofer.de | Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA | www.ipa.fraunhofer.de

Pressekommunikation
Jörg-Dieter Walz | Telefon +49 711 970-1667 | presse@ipa.fraunhofer.de

Die **Fraunhofer-Gesellschaft** ist die führende Organisation für angewandte Forschung in Europa. Unter ihrem Dach arbeiten 72 Institute und Forschungseinrichtungen an Standorten in ganz Deutschland. Mehr als 25 000 Mitarbeitenden und Mitarbeiter erzielen das jährliche Forschungsvolumen von 2,3 Milliarden Euro. Davon fallen knapp 2 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund 70 Prozent dieser Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Abbildung 58 Pressemitteilung der drei Fraunhofer-Institute vom 15. Mai 2018 zum Wettbewerbsaufruf

Abbildung 59 Bewerbungsbogen zur Teilnahme am Wettbewerb

ULTRAEFFIZIENZFABRIK

BEWERBUNGSBOGEN ZUM WETTBEWERB

BADEN-WÜRTTEMBERGS STADTNAHES ULTRAEFFIZIENTESTES INDUSTRIEGEBIET

Bitte füllen Sie den vorliegenden Bewerbungsbogen vollständig aus und schicken Sie ihn im Anschluss per E-Mail an die Adresse ivan.bogdanov@ipa.fraunhofer.de, um an diesem Wettbewerb im Rahmen des Forschungsprojektes „Ultraeffizienzfabrik" teilzunehmen.

Die bis zum **15. Juni 2018** eingegangenen Bewerbungen werden von Fraunhofer-Experten geprüft und bewertet. Von allen Bewerbungen gelangen **die drei besten** in die engere Auswahl. Für diese drei Industriegebiete wird im Anschluss **jeweils eine Round-Table-Veranstaltung** mit Vertretern der jeweiligen Kommune, der beteiligten Unternehmen aber auch mit Stadt- und Fabrikplanern sowie Fraunhofer-Experten durchgeführt. Aufgrund einer finalen Bewertung wird *Baden-Württembergs stadtnahes ultraeffizientes Industriegebiet* ausgewählt, für welches im Anschluss ein ganzheitliches, individuelles Konzept zum Aufbau als *„stadtnahes ultraeffizientestes Industriegebiet"* entwickelt wird.

1. Allgemeine Angaben

1.1. Sie vertreten seitens …
☐ *der Kommune* ☐ *eines Unternehmens* ☐ *der Betreibergesellschaft*
☐ das bestehende ☐ das fortgeschritten geplante
Industriegebiet: (Bezeichnung)
in: (PLZ, Ort)

1.2. Das genannte Industriegebiet wurde / wird aufgebaut als …
☐ Industrie-Neuansiedlung (Greenfield) ☐ Brachflächenreaktivierung (Brownfield)

1.3. In dem genannten Industriegebiet sind …
☐ *< 10* ☐ *10 – 25* ☐ *> 25* Unternehmen vertreten.

1.4. Das genannte Industriegebiet bzw. die Mehrheit der dort ansässigen Unternehmen gehören folgender Branche an: (Bezeichnung)

1.5. Das genannte Industriegebiet erstreckt sich über eine Gesamtfläche von …
☐ *< 10 ha* ☐ *10 – 50 ha* ☐ *> 50 ha*

1.6. In dem genannten Industriegebiet sind …
☐ *< 1.000* ☐ *1.000 – 5.000* ☐ *> 5.000* Mitarbeiter beschäftigt.

1.7. Die zum genannten Industriegebiet nächstgelegene Wohnsiedlung befindet sich …
☐ *unmittelbar angrenzend* ☐ *in < 1 km Entfernung* ☐ *in > 1 km Entfernung*

1.8. Weist die Ortschaft oder die Region, in der sich das genannte Industriegebiet befindet, eine besondere Prägung auf (bspw. handwerklich, industriell – Branche)?
☐ *nein* ☐ *ja, und zwar:*

Baden-Württemberg

Fraunhofer

ULTRAEFFIZIENZFABRIK

2. Angaben zu Wechselwirkungen mit dem urbanen Umfeld bzgl. der fünf Handlungsfelder: Material, Energie, Emissionen, Mensch / Personal, Organisation

2.1. Wird die Verfügbarkeit von (natürlichen) Ressourcen im Sinne von Rohstoffen, Betriebs- oder Hilfsmitteln in dem genannten Industriegebiet lokal gesichert?
☐ *nein* ☐ *ja, und zwar:*

2.2. Werden in dem genannten Industriegebiet Stoffkreisläufe zwischen Unternehmen oder mit dem etwaigen urbanen Umfeld realisiert (bspw. Lieferung von Vorprodukten, Nutzung von Sekundärrohstoffen aus Abfallprodukten, etc.)?
☐ *nein* ☐ *ja, und zwar:*

2.3. Werden in dem genannten Industriegebiet Energieverbünde zwischen Unternehmen oder mit dem etwaigen urbanen Umfeld realisiert (bspw. gemeinschaftliche Energieerzeugung, -rückgewinnung oder -nutzung – Abwärmenutzung, Abgabe von überschüssig erzeugter Energie an das urbane Umfeld, etc.)?
☐ *nein* ☐ *ja, und zwar:*

2.4. Werden aufgrund der etwaigen Siedlungsnähe des genannten Industriegebietes Emissionen verringert (bspw. CO_2-Emissionen von Individualverkehr, Logistik)?
☐ *nein* ☐ *ja, und zwar:*

2.5. Werden Emissionen in dem genannten Industriegebiet gemeinschaftlich behandelt oder genutzt (bspw. Filteranlagen, Kläranlagen, Lärmschutzvorrichtungen, Nutzung von Emissionen als Sekundärrohstoffe, etc.)?
☐ *nein* ☐ *ja, und zwar:*

2.6. Gibt es in dem genannten Industriegebiet soziale Einrichtungen (bspw. Kindertagesstätten, Gastronomiebetriebe, Sporteinrichtungen, Kultureinrichtungen, etc.)?
☐ *nein* ☐ *ja, und zwar:*

2.7. Wird in dem genannten Industriegebiet ggf. aufgrund seiner Siedlungsnähe eine flexible, kooperative Personaleinsatzplanung realisiert? ☐ *ja* ☐ *nein*

2.8. Sind / werden die Fabrikgebäude in dem genannten Industriegebiet architektonisch (visuell) in das etwaige urbane Umfeld integriert? ☐ *ja* ☐ *nein*

2.9. Erfolgt in dem genannten Industriegebiet eine Steigerung der Grundflächeneffizienz bzw. eine Optimierung der Fabrikstrukturen (bspw. Realisierung einer vertikalen Produktionsflächennutzung oder einer horizontalen bzw. vertikalen Mischnutzung)?
☐ *nein* ☐ *ja, und zwar:*

2.10. Werden in dem genannten Industriegebiet innovative Geschäftsmodelle an der Schnittstelle zum urbanen Umfeld eingesetzt oder eingeführt? (bspw. Closed-loop Ansatz aufgrund der räumlichen Nähe zum Absatzmarkt, etc.)?
☐ *nein* ☐ *ja, und zwar:*

2.11. Was wurde in dem genannten Industriegebiet im Bereich der Ultraeffizienz zur Einbindung des etwaigen urbanen Umfeldes Ihrer Meinung nach besonders gut umgesetzt bzw. geplant?

2.12. Welche Aspekte der „Ultraeffizienzfabrik – symbiotisch-verlustfreien Produktion im urbanen Umfeld" sind Ihrer Meinung nach besonders wichtig?

3. Angaben zu Ihrerseits möglichen Terminen zur Durchführung des geplanten Round-Table-Workshops als Halbtagesveranstaltung vor Ort:

☐ *Mittwoch, 27.6.* ☐ *Freitag, 29.6.* ☐ *Dienstag, 3.7.*
☐ *Mittwoch, 4.7.* ☐ *Dienstag, 10.7.* ☐ *Donnerstag, 19.7.*
☐ *weitere Ihrerseits mögliche Termine (bis 20.7.):*

Kontakt: Dipl.-Ing. Ivan Bogdanov, M.Sc., Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Telefon: 0711 970-1338, E-Mail: ivan.bogdanov@ipa.fraunhofer.de

Baden-Württemberg

Fraunhofer

ULTRAEFFIZIENZFABRIK
Symbiotisch-verkehrsfreie Produktion ins urbanen Umfeld

Baden-Württembergs stadtnahe ultraeffiziente Industriegebiete
Informationsanfrage zur Vorbereitung des Round-Table-Workshops

Im Rahmen unseres Wettbewerbes „Baden-Württemberg stadtnahe, ultraeffiziente Industriegebiete" wurden Sie vorgemerkt, für die gemeinsame Durchführung des Workshops am Standort Schmiede in Rahden des aktuellen Forschungsprojektes „Ultraeffizienzfabrik" am Fraunhofer in Stuttgart ausgewählt.

Zunächst gilt es nun, nähere Informationen über den Standort Ultraeffizienz am Standort, den Sie vertreten, zu erfahren. Darüber möchten wir uns mit Ihnen auf der anstehenden gemeinsamen Round-Table-Veranstaltung austauschen. Um diesen Austausch zu fördern bzw. den Workshop optimal vorzubereiten, möchten wir Sie gerne bitten, den im Folgenden aufgelisteten Fragenkatalog möglichst vollständig zu beantworten und uns Ihre Rückmeldung schriftlich an die Email-Adresse joel.koestner@iao.fraunhofer.de **bis spätestens eine Woche vor dem angesetzten Veranstaltungstermin** zukommen zu lassen.

Vielen Dank im Voraus!

1. Ubanität

- In welcher Entfernung befindet sich die nächstgelegene Wohnsiedlung von Industriegebiet?
  - Bitte stellen Sie uns einen Lageplan des Standortes inkl. einer Auflistung der ansässigen Unternehmen, ggf. und Zuordnung auf dem Lageplan und Angabe der Betriebseinheiten (Stadt, privat, etc.) zur Verfügung
- Wie sind die Gebäude ggf. architektonisch (visuell) in das urbane Umfeld integriert?
- Welche Gebäudeeigenschaften herrschen in dem belebten Umfeld vor (bspw. Alter, Zustand, Energieeffizienzklasse, etc.)?
- Welche Gebäudetypologien herrschen in dem belebten Umfeld vor (bspw. Alter, Zustand, Energieeffizienzklasse, etc.)?
- Wie wird die Grundflächeneffizienz gesteigert bzw. die Flächeninanspruchnahme optimiert (bspw. durch vertikale Produktionsflächennutzung, Investorale oder vertikale Mischnutzung, Flächenoptimierung in der Lagerung, etc.)?
- Sind Infrastrukturen für die Nutzung im Alltag sowohl beruflich, wie auch privat vorhanden (bspw. Einkaufsbereiche, Parkplätze, Durchfahrtsmöglichkeiten zwischen zwei Wohnquartieren, etc.)?
- Gibt es Smart-City-Ansätze (i.S.v. Datenerhebung, -verarbeitung und -nutzung zu Verbesserung, Steuerung und Optimierung) im urbanen Umfeld?
- Welche zahlenmäßigen und betrieblichen Maßnahmen wurden bzw. werden ergriffen, um den Standort in das Umfeld zu integrieren?

2. Handlungsfelder

2.1. Material

- Welche Roh-, Betriebs-, Hilfsstoffe sowie Vorprodukte werden am Standort eingesetzt (bspw. Essentielle, Nahrungsmittelmarke, Kunststoff, Holz, Wasser, etc.)?
- Welche Materialgruppen werden am Standort hergestellt (bspw. Stückgut, Schüttgut, etc.)?
- Die Verfügbarkeit welcher natürlichen Ressourcen im Sinne von Roh-, Betriebs- und Hilfsstoffen wird ggf. vor Ort local gesichert?
- Finden am Standort Stoffkreisläufe zwischen Unternehmen und ggf. dem Umfeld statt (bspw. Energie/Stoffaustausch, Regenwasserspeicherung, Abfall als Sekundärrohstoff (up-cycling)?

ULTRAEFFIZIENZFABRIK
Symbiotisch-verkehrsfreie Produktion ins urbanen Umfeld

- Werden am Standort Daten zu Stoffströmen (bspw. Materialverbrauch, Wasserverbrauch, Reststoffaufkommen, etc.) regelmäßig erhoben und ausgewertet?
- Werden am Standort Gefahrgüter verarbeitet, gelagert, etc.?

2.2. Energie

- Wie gestalten sich die Energieversorgungsstruktur am Standort (Industriegebiet und Umfeld)? Wie hoch ist der Eigenerzeugungsanteil bzw. durch welche Technologien? Wer sind die Hauptanbieter?
- Wie gestalten sich ggf. Energieverbünde (mit dem Umfeld) am Standort?
- Gibt es am Standort Energiespeicher, -Energiewandlungs- oder Energieumwandlungstechnologien, (bspw. Stromspeicher, thermische Speicher, Kraft-Wärme-Kopplung, Power-to-Gas, Power-to-Chemicals, Abwärme-Vermarktung – ORC-, Dampfturbine, etc.)?
  Wenn ja, mit welchen technischen Eigenschaften (bspw. Leistung, Speicherkapazität, etc.)?
- Welche Endenergieformen werden am Standort über den Bedarf hinaus erzeugt (bspw. Strom, Wärme, Kälte, etc.)? In welchen Mengen bzw. welcher Größenordnung pro Jahr?
- Wie hoch ist der Energiebedarfsanteil (Nutzenergie für produktionsnahe und indirekte Bereiche) bei den Unternehmen (bspw. für Gebäude, Lager, Materialverkehr, etc.)?
- Wie hoch ist der Energiebedarf des urbanen Umfeldes nach Endenergieform pro Jahr (MWh)?
- Welche Energieeffizienzmaßnahmen wurden bisher am Standort umgesetzt? Zu welchen Effizienzgewinnen haben diese geführt?

2.3. Emissionen

- Welche festen, flüssigen und gasförmigen direkten Emissionen (bspw. Abfälle, Abwasser, Abluft, Schwebstoffe, Schall) fallen auf dem Industriegebiet an? In welchen Mengen / Volumina pro Jahr?
- Welche direkten Emissionen werden vor Ort am Standort behandelt (bspw. Abwasser in Kläranlagen, Schallschutz, Filteranlagen, etc.) und in welchen Mengen pro Jahr?
- Welche direkten Emissionen werden aufgrund der Siedlungsnähe verringert bzw. vermieden und in welchen Mengen / Volumina pro Jahr (bspw. CO2-Emissionen von Individualverkehr, Logistik, Wärmeerzeugungsanlagen im Wohngebiet, etc.)?
- Findet am Standort eine kooperative Emissionsminderung oder -nutzung statt (bspw. durch unternehmensübergreifende Strategien, Management-Systeme zu Emissionsvermeidung, etc.)? Welche Akteure müssten zu diesen Maßnahmen eingebunden werden?

2.4. Mensch / Personal

- Werden am Standort aufgrund der Siedlungsnähe flexible, kooperative Arbeitszeitmodelle angeboten bzw. genutzt?
- Werden am Standort die Effizienzziele transparent kommuniziert und die Mitarbeitenden zur Erreichung dieser Ziele motiviert? Wenn ja, durch welche Maßnahmen?
- Gibt es Anreizsysteme, Vorschläge oder Initiativen, welche den am Standort tätigen Mitarbeitenden?
- Wie viele Arbeitstage im Jahr gibt es am Standort (ggf. gemäß pro Unternehmen)?
- Welche Einrichtungen für Aus- und Weiterbildung existieren am Standort?
- Welche sozialen Einrichtungen existieren am Standort und mit welcher Kapazität?
- Wie hoch ist der Anteil an Fremdarbeit bzw. Verkehrsbewegungen am Standort (ggf. pro Unternehmen)?
- Wie hoch ist die Mitarbeiterfluktuation am Standort (ggf. pro Unternehmen)?
- Welcher Automatisierungsgrad herrscht am Standort vor? Welche Ziele werden dabei verfolgt?
- Gab bzw. gibt es Anregungen und Vorschläge aus dem Umfeld zu dem Industriegebiet? Wenn ja, bzgl. welcher Handlungsfelder (Material, Energie, Emissionen, Mensch/Personal, Organisation)? Gibt es bestimmte Akteure oder Interessenvertreter, die besonders aktiv sind? Wie werden diese Themen adressiert und wie werden die Akteure eingebunden?

ULTRAEFFIZIENZFABRIK
Symbiotisch-verkehrsfreie Produktion ins urbanen Umfeld

2.5. Organisation

- Welches Profil (technisch-ökonomische Prägung) weist das Industriegebiet auf?
- Wie ist der Grad an integrierten Prozessen (bspw. Dienstleistungen) – Bei den in den Unternehmen etablierten Prozessen ist der Anteil an gestaltgem Input bzw. der Bedarf an hoch qualifizierten Mitarbeitern hoch.
  - materialintensiv – In den Unternehmen werden viele Rohstoffe bzw. große Mengen an Material verarbeitet.
  - Energieintensiv – Die in den Unternehmen etablierten Prozesse sind mit einem hohen Energieverbrauch verbunden.

  Wie ist ggf. das Verhältnis (ggf. Schätzung)?
- Welche Ziele (bzgl. Effizienz (Ressourcen allgemein, Material, Energie, Emissionen, etc.) werden am Standort – Industriegebiet, urbanes Umfeld – aktiv verfolgt und durch welche Maßnahmen (bspw. KVP – kontinuierlicher Verbesserungsprozess, etc.)? Mit welcher zeitlichen Erfolgsrate?
- Werden am Standort Infrastrukturen oder Dienstleistungen gemeinschaftlich genutzt? Mögliche Beispiele sind:
  - Logistik (bspw. Flächen, Fahrzeuge, etc.)
  - Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge
  - IT-Service (bspw. Rechenzentrum, Service-Helpdesk)
  - Transportdienstleistungen (bspw. Bus-Shuttle für Mitarbeitende)
  - Meeting-Räumlichkeiten
  - Gastronomie (bspw. Business-Restaurant, Mensa, Cafeteria, Kantine)
- Werden am Standort aufgrund der Siedlungs- Kunden- oder Lieferantennähe innovative Geschäftsmodelle verfolgt (bspw. Nachnahme-Modelle zum Austausch, zur Wiederverwendung bzw. Wiederverwertung, etc.)?

3. Allgemein

- Wurden bzw. werden Effizienzmaßnahmen am Standort (Unternehmen, Kommune) mittels öffentlicher Finanzierungsquellen umgesetzt (bspw. Klimaschutz-Plus – Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft BW, ERFE – europäische Regional-Strukturfonds, Interreg Europe – European Regional Development Fund, etc.)?
  Wenn ja, welche Maßnahmen mittels welcher Finanzierungsquellen?

Abbildung 60 Detaillierte Informationsanfrage zur Vorbereitung der Round-Table-Workshops

Abbildung 61 Standortsteckbriefe der drei in die engere Auswahl gelangten Industriegebietsstandorte

Kriterien	Teilkriterien	UEff-Zielwert	Gewichtung	mögliche Einstufungen	Industriegebiet 1		Industriegebiet 2		Industriegebiet 3	
Allgemeine Informationen - Urbanität	Gesamtfläche				100%		50%		75%	
	Entfernung zur nächsten Wohnsiedlung			0% - 25% - 50% - 75% - 100%						
	Anzahl Unternehmen		0,15							
	Anzahl Mitarbeiter	100%								
	Integration der Gebäude in das Umfeld (visuell, architektonisch)									
	Technisch-ökonomische Prägung (Industrie-Branchen, Wertschöpfungsprofil)			" ...% stadtnah"						
	Besonderheiten (z.B. Übertragungsfähigkeit)									
Material	bereits umgesetzte Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz	100%	0,12		50%		75%		25%	
	geplante Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz	100%	0,05		0%		0%		50%	
Energie	bereits umgesetzte Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz	100%	0,12	0% - 25% - 50% - 75% - 100%	75%		75%		50%	
	geplante Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz	100%	0,05		50%		75%		25%	
Emissionen	bereits umgesetzte Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz	100%	0,12		75%		75%		50%	
	geplante Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz	100%	0,05		50%		0%		25%	
Mensch / Personal	bereits umgesetzte Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz	100%	0,12	" ...% ultraeffizient"	50%		50%		50%	
	geplante Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz	100%	0,05		25%		0%		0%	
Organisation	bereits umgesetzte Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz	100%	0,12		75%		75%		75%	
	geplante Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz	100%	0,05		50%		75%		50%	
		Summe:	1,00		Abzug: 0%		Abzug: 0%		Abzug: 0%	
					62,75%		57,00%		43,25%	

Abbildung 62 Strukturiertes Bewertungsschema zur finalen Auswahl eines Industriegebietes in Baden-Württemberg

Abbildung 63 Urkunden für den Wettbewerb »Baden-Württembergs ultraeffizientes stadtnahes Industriegebiet«