



Symbiotisches Wirtschaften als Ansatz zur Weiterentwicklung von Bestandsgewerbegebieten

Marius Angstmann¹ · Roman Wolf² · Veronika Wolf³ · Thiemo Wolf³

Eingegangen: 1. Juni 2022 / Überarbeitet: 1. September 2022 / Angenommen: 22. November 2022
© Der/die Autor(en) 2022

Zusammenfassung

Die Weiterentwicklung von Bestandsgewerbegebieten spielte in den letzten Jahrzehnten eine untergeordnete Rolle in Planung und Wirtschaftsförderung. Vor dem Hintergrund der Transformation hin zu einem ressourcenschonenderen Wirtschaftssystem gilt es, diesen Räumen neue Aufmerksamkeit zu schenken und neue Ansätze zu erproben. Das Konzept der industriellen Symbiose zielt auf das Herstellen von Energie- und Stoffströmen, in Form einer komplementären Nutzung von Nebenprodukten durch benachbarte Industrien, ab. Kooperationen benachbarter Unternehmen, die auf eine betriebsübergreifende Erhöhung von Energie- und Ressourceneffizienz abzielen, existieren auch in Deutschland. Während diese nicht unbedingt Netzwerke umfassen, zeigen die existierenden Querverbindungen zwischen Unternehmen dennoch Möglichkeiten auf, durch die Vernetzung von Akteuren in Industrie- und Gewerbegebiete neue Potenziale zu erschließen. Der Artikel untersucht, inwiefern das Konzept der Symbiose zur Implementation in heterogenen Bestandsgewerbegebieten geeignet ist. Hierzu wurden leitfadengestützte Interviews mit Akteuren aus Wirtschaftsförderung, Gebietsmanagement und Planung geführt.

Schlüsselwörter Industrielle Symbiose · Kreislaufwirtschaft · Gewerbegebiete · Unternehmenskooperation · Wirtschaftsförderung

Abstract

In recent decades, the further development of existing commercial areas has played a subordinate role in planning and commercial development. In the context of the transformation towards a more sustainable economic system, it is important to pay new attention to these spaces and to try out new approaches. The concept of industrial symbiosis is aimed at creating energy and material flows in the form of a complementary use of by-products by neighbouring industries. Collaborations between neighbouring companies aimed at increasing energy and resource efficiency across companies also exist in Germany. Although these do not necessarily include networks, the existing interconnections between companies nevertheless show opportunities to exploit new potentials by the networking of representatives of industrial and commercial areas. The article looks at the extent to which the concept of symbiosis is suitable for implementation in heterogeneous existing commercial areas. For this purpose, guideline-based interviews were conducted with representatives from economic development, area management and planning.

Keywords Industrial Symbiosis · Circular Economy · Commercial Areas · Business Cooperation · Economic Development

✉ Marius Angstmann
angstmann@iat.eu

¹ Institut Arbeit und Technik, Westfälische Hochschule
Gelsenkirchen, Munscheidstr. 14, 45886 Gelsenkirchen,
Deutschland

² Essen, Deutschland

³ Zero Emission GmbH, Kokkolastr. 5, 40882 Ratingen,
Deutschland

Einleitung

In Industrie- und Gewerbegebieten konzentrieren sich verschiedenste Wirtschaftsaktivitäten. Mit Produktion, Handel und dem Angebot von Dienstleistungen in den 62.074 Bestandsgewerbegebieten in Deutschland (BT Drucksache 19/11357 2019, S. 3) geht in der Regel ein hoher Ressourcenverbrauch einher. In Zeiten der Klimakrise stehen Kommunen, Betriebe und damit auch die Infrastruktur der Standorte vor verschiedenen Herausforderungen: Energie- und Verkehrswende, Klimaanpassung, Flächensparziele aber auch steigende Anforderungen an Energie- und Ressourceneffizienz (vgl. Abb. 1).

Einen Lösungsansatz für verschiedene dieser Herausforderungen, insbesondere zur Verringerung des Ressourcenverbrauchs, bildet das Modell der Circular Economy. Es setzt auf einen systemischen Wechsel weg von linearem Wirtschaften in Form einer Prozesskette von der Ressourcengewinnung über Verarbeitung, Verwendung zu Deponierung oder thermischer Verwertung (Wilts 2021).

Ein in diesem Kontext diskutiertes Konzept ist das der Industriellen Symbiose. Es zielt auf die Nutzbarmachung lokaler Energie- und Stoffströme in Form der Verwertung von Nebenprodukten durch benachbarte Betriebe ab (Chertow 2000) und ist in der Praxis insbesondere durch den Industriepark Kalundborg, Dänemark, bekannt. Beispiele finden sich auch an fossilen Kraftwerksstandorten oder in Chemieparks (Beckamp 2021).

Die Notwendigkeit zur Steigerung der Ressourcen- und Energieeffizienz sowie Reduktion von Emissionen begrenzt sich jedoch nicht nur auf Industrie- und Chemieparks, sondern gleichermaßen auf heterogene Bestandsgewerbegebiete. Dieser Beitrag knüpft hier an und geht der Frage nach, inwiefern sich die Industrielle Symbiose als ein räumlicher Ansatz der Circular Economy auch zur Weiterentwicklung von Bestandsgewerbegebieten eignet. Es werden exemplarische Fälle symbiotischen Wirtschaftens genannt und Hemmnisse sowie fördernde Faktoren gegenübergestellt. Ziel ist es darzulegen, wie symbiotische Lösungen in Gewerbegebieten ausgestaltet sein können und wie sich diese in der Praxis fördern lassen.

Im folgenden Kapitel werden aktuelle Herausforderungen klassischer Bestandsgewerbegebiete dargestellt. Anschließend wird das Konzept der Industriellen Symbiose vorgestellt. Es werden Beispiele benannt und Ansätze zur Förderung überbetrieblicher Kooperationen in Gewerbegebieten genannt. Schließlich wird ein Fazit gezogen.

Gewerbegebiete in Deutschland

In klassischen Gewerbegebieten wirtschaften bis zu mehreren hundert Betriebe aus unterschiedlichen Branchen. Diese

in der planerischen Praxis häufig „vergessenen“, unorganisierten und weitgehend isoliert von benachbarten Quartieren betrachteten Stadträume bleiben planerisch meist sich selbst überlassen (BBSR 2019, S. 4). Es treffen Bedarfe und Motivationen unterschiedlichster gewerblicher Akteure aufeinander, aber auch Herausforderungen, die überbetriebliche Lösungen erfordern (Heimann 2018). Als stark versiegelte Flächen weisen sie Defizite im Bereich der Klimaanpassung auf (Bücken und Kanning 2021). Interaktionen mit dem städtischen Umfeld beschränken sich häufig auf negative Effekte wie Nutzungskonflikte, Verkehrsbelastungen oder Emissionen (vgl. Abb. 2). Die Produktion von Waren und Erbringung von Dienstleistungen geht mit einem hohen Energie- und Ressourcenverbrauch einher, der in diesen Stadträumen konzentriert auftritt.

Während Gewerbegebiete insbesondere der Unterbringung von „nicht erheblich belästigenden Gewerbebetrieben“ dienen (§8 BauNVO), beherbergen Industriegebiete auch Betriebe, die im Dreischichtbetrieb arbeiten und höhere Lärm- oder Schadstoffemissionen verursachen. Die Untersuchung exemplarischer Standorte zeigt, dass je nach Branchenzusammensetzung mehrere hundert MWh Strom bzw. Wärme aufgewendet werden, gleichzeitig zeigen sich diesbezüglich jedoch auch große Unterschiede im Bedarf einzelner Gebiete (vgl. Tab. 1). Im Sinne kommunaler Nachhaltigkeitsbestrebungen gilt es also Lösungen zu finden, die lokalen Potenziale zur Minderung des Energie- und Ressourcenbedarfs in den Blick nehmen.

Industriesymbiosen als Ansatz der Circular Economy

Die Circular Economy bildet ein zentrales Modell nachhaltigen Wirtschaftens. Als synthetisches Konzept zeichnet sich durch die Vielfalt der darunter verstandenen Ansätze und Definitionen aus (Kirchherr et al. 2017; Kasmi et al. 2022) und umfasst eine Vielzahl an Lösungen, welche sich in ihrer Orientierung auf Produktdesign, Produktion, Materialien, Nutzende (Sharing) und Endverwertung (Re-Use/Recycling) unterscheiden und somit an unterschiedlichen Schritten im Lebenszyklus von Produkten ansetzen.

Das Konzept der Industriellen Symbiose beschreibt das Herstellen von Energie- und Stoffströmen in Form einer komplementären Nutzung von Produktionsnebenprodukten wie Abwärme oder Reststoffen durch benachbarte Betriebe (Chertow 2000). Während die grundlegende Idee älter als der Begriff der Circular Economy ist, wird das Konzept in den letzten Jahren jedoch insbesondere als ein Unterbereich dieser verstanden (Cecchin et al. 2020). Industriesymbiosen orientieren sich am biologischen Konzept der Symbiose, dem Zusammenleben mehrerer Arten zum gegenseitigen Nutzen. Werden zuvor ungenutzte Reststoffe



Abb. 1 Potenzialfelder für die Weiterentwicklung von Gewerbegebieten. (Quelle: Zero Emission GmbH)



Abb. 2 Verkehrssituation und Verdichtung sind zentrale Herausforderungen in Bestandsgebieten. (Foto: Zero Emission GmbH)

und Energieströme verwendet, schon dies Ressourcen und reduziert negative Umwelteffekte. Gleichzeitig bietet die Einsparung von Energie- und Entsorgungskosten auch wirtschaftliche Vorteile. Während bilaterale Kooperationen als „Kernel“ und Grundlage für zukünftige Netzwerke angesehen werden, stellen erst Netzwerke mit drei oder mehr Partnern vollständige Symbiosen dar (Chertow 2007). Auch wird zwischen durch wirtschaftliche Akteure vor Ort vorangetriebenen Netzwerken (bottom-up) und extern geplanten Eco-Industrial-Parks (top-down) unterschieden (Busch und Kühn 2019).

Bekanntestes Beispiel ist der Industriepark Kalundborg, mit dem dortigen wirtschaftszweigübergreifenden Austausch von Energie und Ressourcen: Prozessdampf aus der Energieerzeugung wird durch Unternehmen der Pharmaindustrie genutzt, Nebenprodukte dieser, wie z. B. Schlämme, werden durch lokale Landwirtschaftsbetriebe als Dünger weiterverwertet und Reststoffe der fossilen Energieerzeugung der Grundstoff- und Bauindustrie zugeführt (Chertow 2007).

Tab. 1 Beispielhafte Energiebilanzen von Gewerbegebieten, Daten anonymisiert. (Quelle: Zero Emission GmbH)

Gewerbegebiet/ Industriegebiet	Strom MWh/a	Erdgas MWh/a	t/CO ₂ /a
Gebiet 1	38.882	108.750	60.377
Gebiet 2	75.504	149.690	98.122
Gebiet 3	20.314	11.960	17.593
Gebiet 4	343.420	286.006	329.360
Gebiet 5	23.446	31.333	21.205
Gebiet 6	12.300	11.400	10.566
Gebiet 7	13.724	5294	19.017
Gebiet 8	499.286	55.986	258.000

Neben der allgemeinen Eignung eines Nebenprodukts zur lokalen Weiterverwertung durch ansässige Betriebe, sind Transportfähigkeit, aber auch Entsorgungskosten relevante Faktoren zur Entstehung von Symbiosen. Das Konzept bietet somit breite Anknüpfungspunkte für die geographische Forschung: Einerseits im Hinblick auf Faktoren, welche zur Entstehung beitragen, wie z. B. Nähe oder soziale Netzwerke (Jensen 2016; Hewes und Lyons 2008), andererseits durch die konzeptionelle Nähe zu Clustern (Deutz und Gibbs 2008). Gleichzeitig stellt insbesondere das Konzept der Eco-Industrial-Parks auch einen planerischen Ansatz dar (Williams 2022).

Symbiotische Ansätze in Gewerbegebieten

Im bundesweiten Kontext sind Industrielle Symbiosen in Form multilateraler Verbindungen, insbesondere in Chemieparcs (Stoffverbund) oder an fossilen Kraftwerksstandorten (z. B. Gips aus Rauchgasentschwefelungsanlagen) anzutreffen (Beckamp 2021). Diese Standorte verfügen über eine monosektorale Ausrichtung oder Verwandtschaft der Industrien und zeichnen sich durch hohe Energieintensität und das Vorhandensein geeigneter Stoffströme für Symbiosen aus. Demgegenüber steht die heterogene Unternehmensstruktur klassischer Gewerbegebiete als Produktions-, aber auch Dienstleistungsstandorte, welche stoffliche Verbindungen erschwert (vgl. Abb. 3).

Überbetriebliche Zusammenarbeit in bestehenden Gewerbegebieten beschränkt sich meist auf klassische Geschäftsbeziehungen (Zero Emission GmbH 2016). Kooperationen von Unternehmen mit dem Ziel der Weiterverwertung von Nebenprodukten, wurden bisher wenig systematisch untersucht und beschränken sich auf einzelne Modellvorhaben, als Ursprung des Ansatzes ist hierbei das Modellprojekt „Nachhaltige Gewerbeflächenentwicklung NRW“ zu verstehen. Auch darüber hinaus findet das Konzept der Industriellen Symbiose hierzulande bisher kaum Wahrnehmung in der Praxis (Busch und Kühn 2019).



Abb. 3 In Gewerbegebieten sind verschiedenste Branchen wie Produktion, Handwerk und Gastronomie in direkter Nachbarschaft anzutreffen. (Foto: Zero Emission GmbH)

In der vorliegenden Untersuchung wurden 39 leitfadengestützte Interviews mit Akteuren aus Wirtschaftsförderung, Planung, Gebietsmanagement und Forschung geführt. Die Identifikation von Praxisbeispielen, Erfolgsfaktoren und Hemmnissen für die Etablierung von Symbiosen er-

folgte somit in zehn Gesprächen mit an Modellvorhaben Beteiligten, 29 Gesprächen mit Wirtschaftsförderungen und Stadtplanungen verschiedener Regionen sowie im Rahmen zweier Workshops.

Die Ergebnisse zeigen, dass auch Gewerbegebiete Anknüpfungspunkte zu symbiotischem Wirtschaften aufweisen, z. B. durch die betriebsübergreifende Nutzung von Infrastruktur, Flächen oder der Bereitstellung von Wasser und Energie. In den Interviews erfasste Praxisbeispiele umfassen:

- Betriebsübergreifende Nutzung von Produktionsinfrastruktur (z. B. zwischen Instrumentenbau & Lackiererei)
- Bereitstellung von Regenwasser für benachbarte Betriebe (z. B. für Waschanlagen)
- Beheizung angrenzender Wohnbebauung durch Abwärme (z. B. durch Abwärme aus Rechenzentren)
- Einrichtung eines Car-Sharing Hubs durch ansässige Unternehmen
- Gemeinsame Beauftragung von Dienstleistungen durch kleinere Betriebe (z. B. Rechnungsstellung)
- Temporäre Bereitstellung von Lkw-Parkflächen für benachbarte Betriebe (Logistik)
- Bündelung der Nachfrage (z. B. bei der Anschaffung einer Glasfaseranbindung)

Tab. 2 Hemmnisse und Erfolgsfaktoren für überbetriebliche Kooperation in Gewerbegebieten

Ebene	Hemmnisse	Erfolgsfaktoren
Kommunale Ebene	Geringes Wissen über Gewerbegebiete und Bedarfe lokaler Unternehmen	Aktive Bestandspflege und Initiierung von Kooperationen in Form eines Gewerbegebietsmanagement
	Hohe Erwartungshaltung, dass Betriebe in vernachlässigten Standorten zu Klima- und Ressourcenschutz beitragen sollen	Bereitschaft, Standortprobleme in vernachlässigten Gewerbegebieten anzugehen
	Fehlende Kommunikationsstrukturen	Dialogformate zur regelmäßigen Kommunikation zwischen Unternehmen schaffen
	Geringe personelle Kapazitäten der Kommunen	Ressortübergreifendes Vorgehen und Beteiligung bzw. Aktivierung von Akteuren
Gebietsebene	Vernachlässigte Stadtteile durch fehlendes kommunales Engagement	Geteilte Problemlagen der Unternehmen als verbindendes Element
	Fehlendes Wissen über benachbarte Betriebe	Standortgemeinschaft und/oder bestehende bilaterale Kooperationen
	Betrieblicher Fokus auf Kerngeschäfte und fehlende personelle Kapazitäten für überbetriebliche Ansätze	Flexibler Beteiligungsprozess und Arbeit mit „Willigen“
	Fehlende Erfahrungen mit der Umsetzung von Kooperationen	Erlernen von Kooperation durch niedrigschwellige initiale Vorhaben
	Fehlendes Wissen und schlechte Datenlage zu Energie- und Ressourcenverbrauch	Externe praxisnahe Expertise
Betriebliche Ebene	Filialbetriebe mit standortfernen Entscheidungsstrukturen	Ortsverbundene Unternehmen
	Innerbetriebliche Beharrungskräfte	Offene Firmenphilosophie und Betriebskultur, nachhaltigkeitsorientierte Betriebe als Best-Practice-Beispiele
	Fehlende Anreize und Investitionsmittel	Kurze Amortisationszeiten sowie Betonung nichtmonetärer Mehrwerte, wie z. B. CO ₂ -Einsparungen
	Branchenvielfalt als Herausforderung: Vielfalt an Bedarfen	Branchenvielfalt als Chance: Matching von In- und Outputs

In heterogenen Gewerbegebieten finden sich somit ver- einzelnte Lösungen wieder, die in ihrer Form als betriebs- übergreifende Ansätze als gewerbliche Symbiosen verstan- den werden können. Sie entsprechen häufig weniger einem engen, auf den Austausch von Ressourcen und Energie in lokalen Netzwerken abzielenden Verständnis der Industrie- symbiose. Je nach Branchenzusammensetzung und lokaler Ausgangslage können diese zwar ebenfalls Komponenten wie den Austausch von Abwärme oder Nebenprodukten enthalten, in vielen Fällen handelt es sich hierbei jedoch um bilaterale Austauschbeziehungen (Kernel). Größere ge- bietsweite Lösungen umfassen zumeist eher die kooperative Organisation von Dienstleistungen.

In zwei ergänzenden Workshops mit den zuvor befragten Akteuren konnten weitere, branchenunabhängige Potenzie- le und aus planerischer Sicht relevante Ansätze der betriebs- übergreifenden Nutzung von Angeboten, Infrastruktur bzw. Flächen identifiziert werden:

- Zentrale Parkpaletten zur Qualifizierung bisher zum Par- ken genutzter Flächen für die Nachverdichtung
- Synergien im Bereich Erneuerbarer Energien in der Neu- entwicklung von Gebieten (z. B. zentrale Erzeugungsan- lagen, Wärme- oder Kältenetze)
- Betriebsübergreifende Angebote (Kinderbetreuung, Job- tickets)
- Lösungen müssen dabei nicht allein auf das Gebiet an sich beschränkt sein. Die funktionelle Durchmischung der Stadtstrukturen nach dem Leitbild der grünen, ge- rechten und produktiven Stadt (BMI 2020) bietet Mög- lichkeiten, Synergien zwischen bisher getrennt betrach- teten Nutzungsformen im Sinne einer urbanen Symbiose (Lenhart et al. 2015) zu entwickeln. So eröffnet sich die Chance, Siedlungsstrukturen unter Berücksichtigung von Aspekten der Ressourceneffizienz weiterzuentwickeln, z. B. durch die Nutzung von industrieller Abwärme zur Beheizung von Wohnquartieren.

Förderfaktoren & Hemmnisse

Ein zentrales Management sowie die Vernetzung in Nach- barschaft wirtschaftender Unternehmen wurden in den In- terviews als zentrale Ansätze zur Förderung von Symbio- sen genannt. Kommunale Gebietsmanager, das Zusammen- bringen von Firmen durch Netzwerktreffen innerhalb der Gebiete aber auch die Initiierung von Gewerbetreibenden- vereinen und Standortinitiativen stellen zentrale Instrumen- te dar. Weiterhin wurden Erfolgsfaktoren und Hemmnisse für Symbiosen identifiziert (vgl. Tab. 2), die aufzeigen wo Kommunen oder die Privatwirtschaft ansetzen können, um Symbiosen zu initiieren.

Fazit

Die Industrielle Symbiose stellt einen räumlichen Ansatz der Circular Economy dar, der zur Steigerung der Res- sourceneffizienz von Wirtschaftsstandorten beitragen kann. Komplexe Industriesymbiosen mit einer Vielzahl stofflicher oder energetischer Verbindungen zwischen lokalen Unter- nehmen bestehen insbesondere in Chemieparcs oder spe- zialisierten Industrieparks.

Beispiele für symbiotisches Wirtschaften finden sich je- doch in Form überbetrieblicher Kooperationen auch in he- terogenen Bestandsgewerbegebieten. Diese beruhen, der lo- kalen Branchenvielfalt geschuldet, weniger auf stofflichen oder energetischen Verbindungen, sondern umfassen viel- fach die gemeinsame Nachfrage nach Angeboten oder die Nutzung gemeinsamer Infrastruktur. Im Kontext symbio- tischer Gewerbegebiete ist somit ein breiteres Verständnis von Symbiosen angebracht, welches bilaterale Lösungen ebenso wie Dienstleistungen miteinbezieht und neben mög- lichen Umwelteffekten wie der Einsparung von Flächen und Ressourcen auch soziale Aspekte berücksichtigt.

Ein zentrales Hemmnis für das Schaffen überbetrieb- licher Kooperation ist, dass Gewerbegebiete als Hand- lungsräume lange Zeit nicht beachtet wurden. Fehlende Kommunikations-, Organisationsstrukturen und Unterstüt- zungsangebote erschweren die Entwicklung der Gebiete. Hier ansetzend, kann der Aufbau von Standortgemein- schaften und die kontinuierliche Begleitung von Betrieben durch ein lokales Management als zentraler Ansatz ver- standen werden, um die Vernetzung von Betrieben zu fördern und die Organisation von überbetrieblichen Akti- vitäten voranzutreiben. Die identifizierten Hemmnisse und Erfolgsfaktoren zeigen auf, wo ein solches ansetzen kann. Gemeinsame standortbezogene Problemlagen und Heraus- forderungen stellen hierbei ein verbindendes Element dar, um erste Kooperationen zum gegenseitigen Vorteil zu ini- tiiieren, die eine Grundlage für die weitere Entwicklungen bilden können.

Danksagung Der Beitrag wurde im Rahmen des Projekts „SYMBIO- TIQ – Symbiotische Gewerbegebiete: Nachhaltige Ansätze, Potenziale für die Strukturwandelregionen sowie Möglichkeiten und Grenzen der Übertragbarkeit auf nutzungsgemischte Quartiere“ erstellt, welches im Auftrag des Umweltbundesamtes (FKZ 3719 15 101 0) durch die Öko- pol GmbH, Zero Emission GmbH und das Institut Arbeit und Technik bearbeitet wurde und stellt Zwischenergebnisse des Vorhabens vor.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Na- mensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nut- zung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprüng- lichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- BBSR (2019) Nachhaltige Weiterentwicklung von Gewerbegebieten: Ergebnisse der Modellvorhaben – Ein ExWoSt-Forschungsfeld. 2019. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bonn
- Beckamp M (2021) Industriesymbiosen als Ansatz regionaler Kreislaufwirtschaft. Begriffsklärung & strukturpolitische Potentiale. Forschung Aktuell, Bd. 08/2021. Institut Arbeit und Technik, Gelsenkirchen
- BMI (2020) Neue Leipzig Charta. Die transformative Kraft der Städte für das Gemeinwohl. Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat, Berlin
- BT Drucksache 19/11357 (2019) Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Daniela Kluckert, Frank Sitta, Grigorios Aggelidis, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP. <https://dserver.bundestag.de/btd/19/113/1911357.pdf>. Zugegriffen: 22. Mai 2022
- Bücken F, Kanning H (2021) Klimaanpassung von Logistikstandorten – eine Szenarienanalyse. Standort 45(4):252–258. <https://doi.org/10.1007/s00548-021-00717-7>
- Busch T, Kühn S (2019) Industrielle Symbiose. Eine Defizitanalyse für den Standort Deutschland. ZfU Z Umweltpolit Umweltr 42:33–68
- Cecchin A, Salomone R, Deutz P, Raggi A, Cutaia L (2020) Relating industrial symbiosis and circular economy to the sustainable development debate. In: Salomone R, Cecchin A, Deutz P, Raggi A, Cutaia L (Hrsg) Industrial symbiosis for the circular economy. Springer, Cham, S 1–25
- Chertow M (2000) Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annu Rev Energy Environ* 25(1):313–337. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.25.1.313>
- Chertow M (2007) “Uncovering” industrial symbiosis. *J Ind Ecol* 11(1):11–30. <https://doi.org/10.1162/jiec.2007.1110>
- Deutz P, Gibbs D (2008) Industrial ecology and regional development: eco-industrial development as cluster policy. *Reg Stud* 42(10):1313–1328. <https://doi.org/10.1080/00343400802195121>
- Heimann D (2018) Unternehmensnetzwerke für nachhaltige Gewerbegebiete. *Standort* 42(4):223–228. <https://doi.org/10.1007/s00548-018-0557-6>
- Hewes AK, Lyons DI (2008) The humanistic side of eco-industrial parks: champions and the role of trust. *Reg Stud* 42(10):1329–1342. <https://doi.org/10.1080/00343400701654079>
- Jensen PD (2016) The role of geospatial industrial diversity in the facilitation of regional industrial symbiosis. *Resour Conserv Recycl* 107:92–103. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.11.018>
- Kasmi F, Osorio F, Dupont L, Marche B, Camargo M (2022) Innovation spaces as drivers of eco-innovations supporting the circular economy: a systematic literature review. *J Innov Econ*. <https://doi.org/10.3917/jie.pr1.0113>
- Kirchherr J, Reike D, Hekkert M (2017) Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. *Resour Conserv Recycl* 127:221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Lenhart J, van Vliet B, Mol APJ (2015) New roles for local authorities in a time of climate change: the Rotterdam energy approach and planning as a case of urban symbiosis. *J Clean Prod* 107:593–601. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.026>
- Williams J (2022) Circular cities: planning for circular development in European cities. *Eur Plan Stud*. <https://doi.org/10.1080/09654313.2022.2060707>
- Wilts H (2021) Zirkuläre Wertschöpfung. Aufbruch in die Kreislaufwirtschaft. *Wiso Diskurs*, Bd. 15/2021. Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn
- Zero Emission GmbH (2016) Klimaschutz-Teilkonzept Gewerbegebiet Ludwig-Erhard-Allee. Zero Emission GmbH, Wuppertal, S 102