

# Nachhaltige Flächenentwicklung und Dekarbonisierung

Kurzexpertise im Rahmen des MORO Fläche

Autor\*innen:

Theresa Milde, Joost Grubert, Dr. Angelika Münter



# Impressum

## Herausgeber

ILS Research gGmbH  
Brüderweg 22 – 24  
44135 Dortmund

Telefon +49 (0)231 90 51-0  
Telefax +49 (0)231 90 51-155

[www.ils-research.de](http://www.ils-research.de)  
[poststelle@ils-forschung.de](mailto:poststelle@ils-forschung.de)

Dortmund, Deutschland,  
© ILS 2024, alle Rechte vorbehalten.

## Autor\*innen

Theresa Milde  
Joost Grubert  
Dr. Angelika Münter

## Titelbild

AdobeStock\_494836516

## Auftraggebende

Das MORO „Regionale Steuerung der Siedlungs- und Freiraumentwicklung“ wird im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen und des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung durchgeführt



## Über die Autor\*innen

Theresa Milde ist wissenschaftliche Mitarbeiterin der Forschungsgruppe „Mobilität und Raum“ des ILS.

Joost Grubert ist studentische Hilfskraft in der Forschungsgruppe „Mobilität und Raum“ des ILS.

Angelika Münter ist stellvertretende Leiterin der Forschungsgruppe „Mobilität und Raum“ des ILS.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Nachhaltige Flächenentwicklung und Dekarbonisierung .....</b>	<b>3</b>
<b>2 Das Konzept des ‚Carbon Lock-In‘ in der Raumentwicklung .....</b>	<b>4</b>
<b>3 Transit-Oriented Development .....</b>	<b>8</b>
3.1 Hemmnisse und ‚Carbon Lock-In‘-Effekte .....	10
3.2 Fallbeispiel „Neue Bahnstadt Opladen“ .....	14
<b>4 Flächen für erneuerbare Energien: Fokus Freiflächen-PV .....</b>	<b>18</b>
4.1 Hemmnisse und ‚Carbon Lock-In‘-Effekte .....	19
4.2 Fallbeispiel Freiflächen-Photovoltaikanlage Tempelfelde .....	22
<b>5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....</b>	<b>26</b>

## 1 Nachhaltige Flächenentwicklung und Dekarbonisierung

Klimaschutz und Klimawandelanpassung zählen von der lokalen bis zur globalen Ebene zu den dringendsten politischen und gesellschaftlichen Aufgaben. Um die von den Vereinten Nationen und der Bundesregierung formulierten Klimaschutzziele noch zu erreichen, bleibt nur noch wenig Zeit. „Gehen Bodenversiegelung und -überplanung ungebremst weiter, verfehlt Deutschland nicht nur seine Flächenverbrauchs-, sondern auch seine Klimaziele“ (Bundesstiftung Baukultur 2018: 6). Die Dekarbonisierung, also die Reduzierung oder Entfernung von CO<sub>2</sub> und weiteren Treibhausgasen aus verschiedenen Systemen und Aktivitäten, betrifft neben der Umstellung auf erneuerbare Energieproduktion auch die Industrie, den Verkehrssektor und viele weitere Bereiche, die auch in der Debatte um die Reduzierung des Flächenverbrauchs relevant sind (vgl. Zimmer et al. 2016: 16). Dennoch werden Debatten um eine nachhaltige Flächenentwicklung und zum Klimaschutz noch viel zu selten gemeinsam und integrativ geführt und falls dies geschieht, wird häufig eher auf Zielkonflikte (z. B. zwischen einer Innenentwicklung und dem Schutz urbaner Freiräume unter dem Verweis auf Klimaanpassung und Klimaschutz) denn auf Synergien verwiesen.

Die Stadt- und Regionalplanung kann in vielfältiger Weise die Dekarbonisierung unterstützen, z. B.:

- Durch eine energiesparende und verkehrsvermeidende Siedlungsentwicklung: Planerische Konzepte zur „Kompakten Stadt“ und Innenentwicklung sowie zur „Dezentralen Konzentration“ und einer am SPNV orientierten Siedlungsentwicklung dienen der Verkehrsvermeidung und Unterstützung der Mobilitätswende sowie der Verringerung des Energieverbrauchs im Gebäude- und Siedlungsbestand.
- Durch die Bereitstellung von Flächen für den Ausbau erneuerbarer Energien (insb. Windkraftanlagen und Freiflächen-Photovoltaikanlagen).
- Durch den Freiraumschutz zum Erhalt natürlicher Senken zur Einlagerung klimaschädlicher Stoffe.
- Durch einen klimaresilienten Stadtumbau und Strategien zur Klimafolgenanpassung.

(vgl. Fleischhauer 2018; Siedentop 2021)

Entsprechende Konzepte und Instrumente, wie Bauleitplanung und Raumordnung, die die Dekarbonisierung der Siedlungs-, Verkehrs- und Energiesysteme unterstützen können, sind ebenso hinlänglich bekannt wie die empirische Evidenz für die klimapolitische Wirksamkeit dieser Maßnahmen. Dennoch mangelt es trotz des Zeitdrucks zur Implementation wirksamer Maßnahmen zum Klimaschutz auch an der konsequenten Umsetzung dieser planerischen Konzepte. In der vorliegenden wissenschaftlichen Expertise steht daher nicht die Frage im Fokus, welches Instrumentarium der Bauleitplanung und der Raumordnung zur Verfügung steht, um zum Klimaschutz beizutragen, sondern es soll herausgearbeitet werden, warum planerische Konzepte und Instrumente, die eine Dekarbonisierung unterstützen können, vielerorts nicht konsequent genug umgesetzt werden, um einen angemessenen Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele zu leisten. Die Expertise setzt damit dort an, wo die bisherige Planungspraxis gescheitert ist oder zu wenig erfolgreich war.

Eine theoretische Erklärung für diese Implementationsdefizite bietet das Konzept des ‚Carbon Lock-In‘. ‚Carbon Lock-In‘ bezeichnet eine sich selbst erhaltende Trägheit, die durch das auf fossilen Brennstoffen basierende Energiesystem erzeugt wird und in der Folge Strategien und Maßnahmen zur Einführung alternativer Energietechnologien hemmt (vgl. Seto et al. 2016; Unruh 2000). Das Konzept lässt sich auch auf Implementationshindernisse einer transformativen, nachhaltigkeitsorientierten Bauleitplanung und Raumordnung übertragen (vgl. Abbildung 1).

## Zielsetzung und Methodik der Kurzstudie

Die vorliegende Kurzstudie prüft anhand von Theorien des ‚Carbon Lock-In‘, warum Implementationsdefizite in der Umsetzung von raumplanerischen Konzepten, die eine Dekarbonisierung unterstützen können, bestehen. Für das breite Feld der Dekarbonisierung werden exemplarisch die Mobilisierung von Flächen für regenerative Energien und die Integration der Siedlungs- und Verkehrsinfrastrukturentwicklung (Transit-Oriented Development) betrachtet. Literaturbasiert werden dabei bekannte Implementationsdefizite in beiden Bereichen ausgearbeitet und mit dem Konzept des ‚Carbon Lock-In‘ verknüpft. Vertiefend dazu werden zwei Fallbeispiele betrachtet und ‚Carbon Lock-In‘-Effekte anhand einer Dokumentenanalyse (Vergleich von Konzepten, Planentwürfen, Stellungnahmen und Umsetzung) exemplarisch nachgezeichnet. Im Mittelpunkt steht dabei explizit nicht die Evaluation (Wirkungskontrolle) der beiden Fallbeispiele (die auf Basis der für diese vom Umfang her begrenzten Kurzstudie gewählten methodischen Herangehensweise einer reinen Dokumentenanalyse auch gar nicht möglich wäre). Anhand der Fallbeispiele soll ausschließlich aufgezeigt werden, dass Effekte eines ‚Carbon Lock-In‘ die Umsetzung von Konzepten einer transformativen, nachhaltigkeitsorientierten räumlichen Planung behindern. Sie stehen exemplarisch für jegliche Art von Fallbeispielen, die über Konzepte und Instrumente der räumlichen Planung zu einer Dekarbonisierung beitragen möchten.

Die Kurzexpertise möchte anhand dieser theoriegeleiteten Analyse aufzeigen, warum es innerhalb unseres auf der Nutzung fossiler Energieträger basierenden gesellschaftlichen Systems sowie in Raum- und Siedlungsstrukturen, in denen das Individuum von einer CO<sub>2</sub>-aufwendigen Lebensweise profitiert, die Umsetzung nachhaltigkeitsorientierter planerischer Konzepte vielfach scheitert bzw. an den Wirkmechanismen des fossilen Systems in gewisser Weise scheitern muss. Dies dient in erster Linie dazu, ein Problembewusstsein dafür zu schaffen, wie der gesellschaftliche ‚Carbon Lock-In‘ die räumliche Planung beeinflusst. Lösungsansätze, wie diese Lock-In-Effekte in den diskutierten konkreten planerischen Beispielen abgemildert oder sogar aufgelöst werden können, sind hingegen nicht Gegenstand dieser Expertise.

## 2 Das Konzept des ‚Carbon Lock-In‘ in der Raumentwicklung

Die Auseinandersetzung mit dem Klimawandel und seinen Folgen stellt eine der dringlichsten gesamtgesellschaftlichen Aufgaben unserer Zeit dar. Zu diesem Zweck wurden in den letzten Jahren auf unterschiedlichen Ebenen ambitionierte Zielsetzungen zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen gesetzt. Der Zielwert des European Green Deal für eine Verringerung der Emissionen in der EU um 55 % bis 2030 und das Bundes-Klimaschutzgesetz mit dem 2021 angepassten Ziel einer Reduzierung der Emissionen um mindestens 65 % bis 2030 und mindestens 88 % bis 2040 sind dabei ebenso zu nennen, wie die zahlreichen Städte und Gemeinden, die sich ambitionierte Ziele zur Klimaneutralität bis beispielsweise 2030 gesetzt haben (vgl. UBA: o. S.). Dass die Zielwerte der Vergangenheit mehrfach verfehlt wurden zeigt, dass bislang nicht schnell und aktiv genug an der Transformation von Systemen und der Umsetzung von Maßnahmen gearbeitet wird. Auch die neuen Zielwerte sind ambitioniert aber notwendig, um die katastrophalen Folgen des Klimawandels abzuwenden. Die Dekarbonisierung erfordert somit weitreichende Umstellungen auf kohlenstoffarme und nachhaltige Technologien ebenso wie weitreichende Verhaltens- und Nutzungsänderungen.

Im Energiesektor betrifft sie vor allem die Umstellung von fossilen Brennstoffen zur Strom- und Wärmeerzeugung auf erneuerbare Energiequellen wie Wind, Sonne und Wasserkraft sowie gesteigerte Energieeffizienz und die Implementierung von Energiesparmaßnahmen. Im Verkehrssektor bedarf es dabei neben der Antriebswende auch einer Veränderung des Mobilitätsverhaltens – beispielsweise der starken Verlagerung des Modal Split zugunsten des Umweltverbunds.

Es gilt, autogerechte Städte umzugestalten, um die Möglichkeiten und die Attraktivität der Nutzung anderer Verkehrsmittel und der Reduzierung zurückgelegter Wege zu steigern. Eine relevante Möglichkeit stellt dafür die Stadtentwicklung entlang des SPNV mit einer dezidierten Ausrichtung auf kurze Wege, hohe Dichten und attraktiven ÖPNV dar.

Die Raumordnungspolitik hat bereits seit langem Ziele zum Umgang mit dem Klimawandel und seinen Folgen formuliert - z. B. zur kompakten Stadt, zur Innenentwicklung oder zur Sicherung von Standorten für regenerative Energien. Diese Ziele sind hinreichend bekannt und verbreitet, es werden zugleich aber auch eklatante Implementationsdefizite in Planung und Gesellschaft offensichtlich. Ein Erklärungsansatz für diese Implementationslücken stellt das Konzept des ‚Carbon Lock-In‘ dar (vgl. Unruh 2000: 817). Dieses Konzept kann unterschiedlich ausgelegt und definiert werden und ist inhaltlich eng verflochten mit Konzepten der Pfadabhängigkeit. Einen Überblick über die Verwendung in unterschiedlichen Disziplinen und Kontexten bieten Goldstein et al. (Goldstein et al. 2023).

Die vorliegende Expertise soll jedoch kein zusätzlicher Beitrag zur Theoriedebatte sein, sondern bedient sich für die Analyse von Hemmnissen und Implementationsdefiziten in der Praxis exemplarisch der Auslegung von ‚Carbon Lock-In‘, wie Seto et al. (2016) sie auf Basis von Unruh (2000) darstellen. Diese unterteilen ‚Carbon Lock-In‘-Effekte in drei übergeordnete Kategorien:

- den infrastrukturellen und technologischen,
- den institutionellen und
- den verhaltensbedingten Lock-In.

Diese Kategorien sollten in der Praxis jedoch keinesfalls isoliert betrachtet werden, da sie ineinander verwoben sind und sich gegenseitig beeinflussen. Erste Hinweise für eine Übertragung auf die Raumentwicklung liefert eine Darstellung von Siedentop (2021) (vgl. Abbildung 1).

## ‚Carbon Lock-In‘ in der Raumplanung

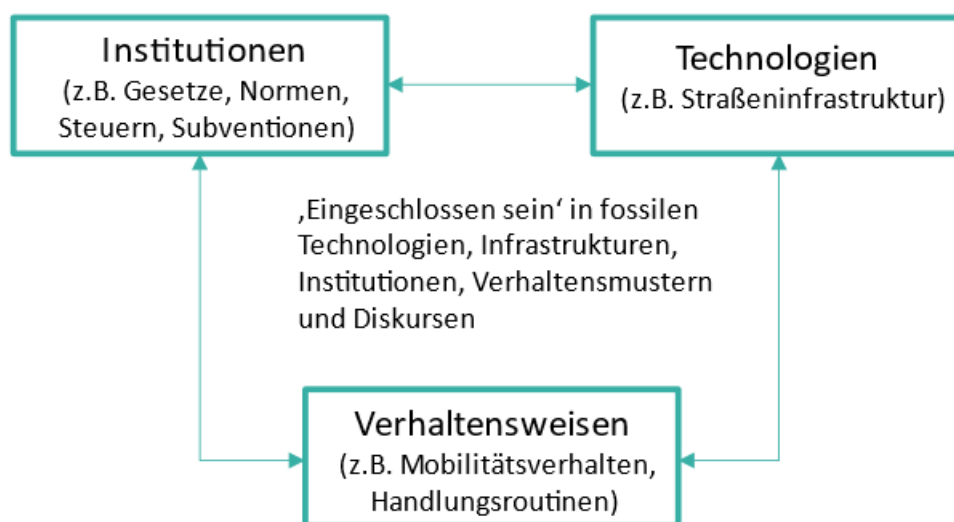


Abbildung 1: ‚Carbon Lock-In‘ in der Raumentwicklung  
Quelle: (Siedentop 2021)

### Infrastruktureller und technologischer Lock-In

Die lange Lebensdauer technischer Infrastrukturen, die mit hohen Kosten und langen Finanzierungszeiträumen verbunden sind, trägt dazu bei, dass getroffene Entscheidungen für oder gegen bestimmte Systeme langfristige Folgen haben und schwer rückgängig zu machen sind. Neben den Anlagen zur Energieerzeugung und leitungsgebundenen Infrastrukturen gilt diese Prämisse vor allem auch für gebaute verkehrliche und städtische Strukturen wie Straßen, Schienen und Gebäude. Entsprechend wichtig sind informierte Entscheidungen und frühzeitige Interventionen in diesem Bereich (vgl. Seto et al. 2016: 427 f.). Eine besondere Rolle spielt dabei vor allem das Energiesystem, welches durch die Nutzung fossiler Brennstoffe und einem damit einhergehenden hohen Treibhausgasausstoß gekennzeichnet ist.

Besonders die physische Infrastruktur der Energieproduktion (z. B. Kraftwerke) sowie zu deren Unterstützung (z. B. Raffinerien) ist durch Langlebigkeit gekennzeichnet und bindet die Gesellschaft daher an einen emissionsintensiven Pfad. Obwohl bereits gebaute Strukturen meist nur kostenintensiv verändert werden können, wäre es besser, neu geschaffene Strukturen früher als später zurückzubauen, um zukünftig auftretende Schäden (z. B. Emissionen) möglichst gering zu halten. Infrastrukturelle Lock-In-Effekte können sich auch überlagern. So haben zum Beispiel die Bauweise und die bauliche Umgebung Einfluss auf die möglichen Verkehrsangebote für Anwohnende. Ein weiterer Faktor für die Lock-In-Situation ist die Gemengelage der Beteiligten. So haben beispielsweise Lobbyverbände, die mit fossilen Brennstoffen assoziiert sind, großen Einfluss und weiterhin Interesse, dass ihre Brennstoffe auch zukünftig stark genutzt werden. Auch in der Bevölkerung gibt es geteilte Meinungen zu fossilen Brennstoffen und erneuerbaren Energien. Ein Infrastruktursystem umzubauen erfordert hohe Investitionen in der Gegenwart, der Gegenwert wird hingegen oft erst deutlich später sichtbar. Unter anderem diese Diskrepanz zwischen Investitionen und deren Nutzen führt dazu, dass nötige Investitionen häufig nicht getätigt werden (vgl. Seto et al. 2016: 427 ff.).

### Institutioneller Lock-In

Institutionelle Lock-In-Effekte sind das Ergebnis aktiver Entscheidungen von Beteiligten bezüglich Gesetzen, Regelungen und Normen sowie (monetären) Einschränkungen und Anreizen. Diese zielen entweder auf den Erhalt eines für die Beteiligten vorteilhaften Status quo oder arbeiten auf einen für sie vorteilhaften Wandel hin. Institutionelle und technologische Lock-In-Effekte verbindet eine inhärente Trägheit, starke Barrieren gegenüber systemischen Änderungen und hohe Kosten für die Implementierung dieser notwendigen Veränderung. Besonders im Bereich politischer Entscheidungen, deren positive Implikationen bei systemischen Veränderungen mitunter viele Jahre benötigen, um sicht- und spürbar zu werden, stehen (verhältnismäßig) kurze Wahlperioden und die Bequemlichkeit eines Erhalts des Status quo in direktem Konflikt miteinander (vgl. Seto et al. 2016: 434). Hier wird die Verbindung zwischen den Arten der Lock-In-Effekte deutlich, da der institutionelle Lock-In einen starken Einfluss auf den technologischen Lock-In ausübt. Wie beim technologischen Lock-In zeigt sich auch hier eine starke Abhängigkeit von früher getroffenen Entscheidungen, da eine einmal getroffene Entscheidung nur mit Mühe wieder revidiert werden kann und beide Arten von Lock-In schwieriger aufzubrechen sind, je länger sie bestehen. Der institutionelle Lock-In ist im Gegensatz zum technologischen jedoch ein beabsichtigtes Merkmal der institutionellen Gestaltung. Viele mächtige ökonomische, soziale und politische Beteiligte haben ein Interesse daran, den Status quo zu erhalten, um eigene Interessen und Ziele zu erfüllen. Dies kann auch dazu führen, dass die soziale Wohlfahrt leidet.

Die unterschiedlichen Wirkmechanismen von politischen Prozessen und Marktkräften führen dazu, dass institutionelle Lock-In-Effekte häufiger auftreten als technologische Lock-In-Effekte. Letztendlich sind sich beide Effekte jedoch ähnlich. Es stellt sich ein politisches und institutionelles Gleichgewicht ein, welches gegenüber Veränderungen weitgehend resistent ist und sich auf kurzfristige Entscheidungen konzentriert. Für einen Systemwandel braucht es jedoch langfristige Perspektiven und ausreichend Zeit, um diese auch umzusetzen. Da die institutionelle Sphäre einen starken Einfluss auf andere Gesellschaftsbereiche wie die Wirtschaft, Wissenschaft oder das Soziale hat, kommt ihr anders herum aber auch eine entscheidende Rolle im Hinblick auf die Dekarbonisierung zu. (vgl. Seto et al. 2016: 433 ff.).

Gelegenheitsfenster („*windows of opportunity*“) einen institutionellen und/oder technologischen Lock-In zu überwinden, ergeben sich durch exogene Schocks oder veränderte Umweltbedingungen, die eine Veränderung des Handelns zwingend notwendig machen. Als Beispiel hierfür lässt sich die bundespolitische Diskussion um die Reform des Gebäudeenergiegesetzes in den Jahren 2022/23 nennen. Beim konkreten Beispiel führte der Krieg in der Ukraine als exogener Schock dazu, dass eine ambitionierte Gesetzesvorlage erstellt wurde, welche den Einbau von Heizungen, die nur mit fossilen Brennstoffen betrieben werden können, kurzfristig verbieten wollte und die für eine abnehmende Abhängigkeit gegenüber importierten fossilen Brennstoffen aber auch einen effektiveren Klimaschutz sorgen sollte. Der Lock-In der konventionellen Heizungstechnologien wirkt in diesem Beispiel allerdings dem exogenen Schock entgegen: Aufgrund unterschiedlicher Positionen und dem Wunsch nach Erhalt des Status quo, wurde das Gesetz gegenüber der ersten Vorlage deutlich abgeschwächt und mit längeren Übergangsfristen versehen (Norddeutscher Rundfunk 2024). Aus klimapolitischer Sicht hat es so deutlich an Wirkungskraft verloren.

### Verhaltensbedingter Lock-In

Als dritter Effekt ist der verhaltensbedingte Lock-In zu nennen, welcher durch menschliche Verhaltensweisen, Werte und Gewohnheiten geprägt ist. Diese ändern sich in den meisten Fällen noch langsamer als die Technologie und Institutionen. Der verhaltensbedingte Lock-In hat einen erheblichen Einfluss auf den Klimawandel. So nimmt zum Beispiel der globale Energieverbrauch aufgrund menschlicher Verhaltensweisen zu, obwohl technologische Geräte im Durchschnitt immer energieeffizienter werden. Aspekte, mit denen unser Verhalten das Klima beeinflusst, sind unter anderem das Konsumverhalten, die individuelle Wohnfläche, das Reise- und Mobilitätsverhalten und die Wahl des Wohnstandorts. Wie sehr diese Aspekte dabei das Klima belasten, hängt auch von der Gesellschaft ab, in der wir leben. Industrienationen mit einem hohen Lebensstandard haben einen überproportional starken Einfluss auf den Klimawandel. Politische Institutionen konzentrieren sich bisher vor allem auf Veränderungen im Technologie- und Infrastruktursektor, Änderungen im Verhalten der Bevölkerung werden nur selten als Lösungsansätze in Betracht gezogen. So wird zum Beispiel der Ausbau der Ladeinfrastruktur von E-Autos vorangetrieben, da die Nutzung dieser nur eine geringfügige Umstellung vom Endverbraucher verlangt. Der Ausbau der öffentlichen Verkehrsmittel hingegen ist mit aufwändigen und sehr kostspieligen Infrastrukturmaßnahmen verbunden, die Voraussetzungen für einen wirtschaftlich tragbaren Ausbau sind in ländlichen Gebieten häufig kaum gegeben und der Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel würde zusätzlich eine größere Verhaltensänderung der Bevölkerung voraussetzen (vgl. ebd.: 438 ff.).

Der verhaltensbedingte Lock-In entsteht einerseits durch individuelle Entscheidungen und andererseits aufgrund der vorherrschenden sozialen Strukturen. Bei den individuellen Entscheidungen handelt es sich oft um Verhaltensweisen, die durch ständige Wiederholung zu Gewohnheiten werden. Dazu zählen zum Beispiel Mobilitätsroutinen: Fährt man jeden Tag mit dem Auto zur Arbeit, wird dieses Verhalten, ohne sich ändernde Rahmenbedingungen, nicht ständig reevaluiert, auch wenn es möglicherweise valide Alternativen gäbe (vgl. Lenz 2018: 1546).



Dass der Mensch Gewohnheiten entwickelt ist ein natürlicher Prozess, um kognitive Ressourcen zu sparen, da jede bewusste Entscheidung auch Anstrengung für unser Gehirn bedeutet. Um Gewohnheiten zu ändern, bedarf es einer gewissen Verhaltenssensitivität und -flexibilität. Ist man sich seines eigenen Handelns gar nicht erst bewusst, wird man auch keine Verhaltensänderung anstreben. Weiterhin beschäftigen sich Menschen häufig mit Themen oder Inhalten, die den eigenen Lebensstil und damit auch die eigenen Verhaltensweisen und Gewohnheiten bestätigen, eine Abkehr vom Status quo wird dadurch erschwert. Ein effektiver Lösungsansatz für eine Verhaltensänderung ist eine Kontextänderung. Ein Umzug oder der Beginn eines neuen Lebensabschnitts, zum Beispiel der Eintritt in das Rentenalter, führen unweigerlich zu neuen Verhaltensmustern und bieten ein *window of opportunity* um gewohnte Alltagsroutinen, wie das Mobilitätsverhalten, zu durchbrechen. Auch Bildung über den Klimawandel und dessen gravierenden Folgen und der Einfluss des eigenen Verhaltens auf diesen können das Bewusstsein der eigenen Klimawirksamkeit stärken (vgl. ebd.: 439 ff.).

Die individuellen Entscheidungen werden zu einem großen Teil durch das gesellschaftliche Umfeld, in dem man sich befindet, geprägt. Soziale Normen haben einen starken Einfluss auf die eigene Wahrnehmung und unser Verhalten und werden dabei durch ein Netz von individuellen kognitiven Prozessen, der Technologie, Werten und Institutionen geprägt. Es zeigt sich daher wieder, dass alle drei Lock-In-Effekte aufeinander einwirken und nicht isoliert betrachtet werden dürfen. Gerade im Feld des verhaltensbedingten Lock-In zeigt sich noch Forschungsbedarf, z. B. müssen Zusammenhänge zwischen Verhalten und individueller Verantwortung gegenüber dem Klima noch weiter untersucht werden, um die Entstehung und das Fortbestehen von Verhaltensweisen in Bezug auf den Klimawandel vollständig zu verstehen (vgl. Seto et al. 2016: 438 ff.).

### 3 Transit-Oriented Development

Der Begriff Transit-Oriented Development (TOD) bezeichnet ein integriertes städtebauliches und verkehrsplanerisches Konzept, Das Konzept beschreibt die Entwicklung urbaner Quartiere mit hoher baulicher Dichte in der Nähe von Verkehrsknotenpunkten, insbesondere des schienengebundenen Personennahverkehrs und die Schaffung lebenswerter, gemischt genutzter Gebiete, in denen Wohn-, Gewerbe- und Erholungsflächen kombiniert werden. Ziel ist im Sinne der kompakten Stadt die gute Erreichbarkeit von Alltagszielen und eine gute Anbindung und Erreichbarkeit der ÖPNV-Knotenpunkte, wodurch Wege reduziert werden, die Anwohnenden einen einfachen Zugang zu öffentlichen Verkehrsmitteln haben, der Umweltverbund gestärkt und die Abhängigkeit von privaten Autos verringert wird. Zudem wird ein Fokus auf lebenswerte Quartiere und Außenflächen gelegt und eine Stärkung der sozialen Integration und Gemeinschaftsbildung ist Teil des TOD-Ansatzes (vgl. Bolleter/Ramalho 2020: 13 f.; Diller/Eichhorn 2021: 166 f.). Dies soll neben dem Fokus auf qualitativ hochwertigen öffentlichen Räumen, die Interaktion und Aufenthalt begünstigen, auch durch die Bereitstellung von bezahlbarem Wohnraum gelingen. Besonders soziale Gruppen mit geringeren Einkommen sind auf den ÖPNV angewiesen. Bezahlbare Mieten und eine direkte Anbindung an den öffentlichen Verkehr ermöglichen auch sozial benachteiligten Menschen gesellschaftliche Teilhabe (vgl. Cornetto 2020: 55).

Aufgrund seines Potenzials zur Lösung städtischer Verkehrsprobleme (wie überlasteten Straßennetzen und damit verbundenen Staus), zur Verringerung der Umweltverschmutzung und zur Verbesserung der allgemeinen Mobilität und Lebensqualität in Städten hat das Konzept des TOD in den letzten Jahren international große Beachtung erfahren. Die hierzulande eher geringe Verbreitung des Begriffs Transit-Oriented Development, der ursprünglich von Peter Calthorpe (1993) geprägt wurde, soll jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass sich auch die Raumplanung in Deutschland schon seit langer Zeit mit ÖPNV-orientierter Siedlungsentwicklung bzw. „integrierten Siedlungs- und Verkehrsentwicklung“ beschäftigt.

So wurde bereits 1919 ein Entwicklungskonzept für die Metropolregion Hamburg durch Fritz Schumacher entwickelt, welches viele der heute unter TOD gefassten Merkmale aufweist (vgl. Kossak 2020: 54) - für eine ausführliche Darstellung siehe Diller/Eichhorn 2021. Auch auf regionaler Ebene ist die Siedlungsentwicklung entlang von Verkehrsachsen ("Dezentrale Konzentration" und „Punkt-axiale Siedlungskonzepte“) seit Jahrzehnten in verschiedenen Ausprägungen fester Bestandteil vieler regionaler Planungskonzepte und Strategien (Münter/Osterhage 2018: 1185 ff.).

TOD-Konzepte werden in der Literatur durch unterschiedliche Kriterien definiert. Eine häufig verwendete Kategorisierung sind die sogenannten "fünf Ds": der *density* an Menschen und Gebäuden, der *diversity* als Mischung von Nutzungen und dem Grad ihrer Ausgewogenheit, *design* im Sinne der Voraussetzungen in der gebauten Umwelt für ihre Fußgänger- und Fahrradfreundlichkeit, *destination accessibility* im Sinne der Erreichbarkeit von Zielorten wie Arbeitsplätzen sowie die *distance to transit* gemessen als Entfernung zum nächsten ÖPNV-Halt (vgl. Ewing/Cervero 2010: 3; Thomas/Bertolini 2020: 4 ff.) Diese Merkmale führen zu einer Verringerung der zurückgelegten Fahrzeugkilometer und einer verstärkten Nutzung von Verkehrsmitteln des Umweltverbundes. Gleichzeitig tragen sie zur Entstehung lebenswerter Quartiere bei, indem sie „kurze Wege“ ermöglichen und damit die Erledigung der Bedürfnisse des Alltags im direkten Wohnumfeld.

Ergänzend zu den „fünf Ds“ nennt auch Kossaks vier Kriterien, die für eine erfolgreiche Umsetzung von TOD relevant sind. Diese sind: ÖPNV als Schwerpunkt für Investitionen, die Abstimmung städtischer Initiativen mit dem ÖPNV, eine auf den ÖPNV konzentrierte Führung und die Beteiligung und Unterstützung durch den privaten Sektor. Hierbei stehen im Gegensatz zu den technischen Merkmalen der fünf Ds die institutionellen Rahmenbedingungen im Vordergrund (vgl. Kossak 2020: 57).

Entwicklung im Sinne des TOD kann zu einer besseren Nutzung von Ressourcen, Umweltschutz und sozialer Integration führen, aber auch Herausforderungen wie Finanzierung und Planungskoordination, Gentrifizierungsprozesse und soziale Ungleichheit mit sich bringen. Auch die Akzeptanz für neue Konzepte in bestehenden Gemeinden und die Sicherstellung der Zugänglichkeit für alle Bevölkerungsgruppen können als Herausforderungen gesehen werden. In der Praxis lässt sich zudem häufig beobachten, dass die Planungen weit hinter ihrem Potenzial zurückbleiben und eher dem von Renn beschriebenen „Transit-Adjacent Development“ entsprechen. Abbildung 2 zeigt dabei die Differenzierung, die Randelhoff in Anlehnung an Renn vornimmt, um die beiden Phänomene voneinander zu unterscheiden (vgl. Thomas/Bertolini 2020: 3; Randelhoff 2018).

Transit-Adjacent Development (TAD)	Transit-Oriented Development (TOD)
Suburbanes Straßennetz	Rasterförmiges Straßennetz
Geringe Dichte	Hohe Dichte
Straßenseitiges Oberflächenparken	Vorwiegend Parken in Tiefgaragen oder Parkhäusern
Schlechte Bedingungen für den Fußverkehr/ fehlende oder zugeparkte Gehwege/ fehlende sichere Querungsmöglichkeiten	Gute Bedingungen für den Fußverkehr
Eingeschränkte oder fehlende Radabstellmöglichkeiten/ fehlende Qualität für den Radverkehr	Gute Erreichbarkeit und Abstellmöglichkeiten für den Radverkehr
Zum Großteil Einfamilienhäuser	Mehrgeschossiger Wohnungsbau
Industrielle Landnutzung	Büroflächen und Einzelhandelsflächen entlang der Hauptverkehrsader
Nutzungsentmischung/ -trennung	Vertikal und horizontal gemischte Landnutzung
Tankstellen, Autohäuser, Drive-Thru-Märkte und andere autofokussierte Nutzungen	

Abbildung 2: TAD vs. TOD

Quelle: Eigene Abbildung nach Randelhoff 2018, o.S.

### 3.1 Hemmnisse und ‚Carbon Lock-In‘-Effekte

Im Folgenden werden in der Literatur beschriebene Hemmnisfaktoren für Transit-Oriented Development mit den drei Kategorien von ‚Carbon Lock-In‘-Effekten nach Seto et al. verknüpft.

#### Infrastruktureller und technologischer Lock-In

In der Umsetzung orientiert sich TOD nicht nur an den Bedürfnissen der Nutzenden des Umweltverbundes, sondern bezieht auch die Bedürfnisse der MIV-Nutzenden ein, da diesem im aktuellen Modal Split zwischen den Verkehrsträgern die höchste Bedeutung zukommt. So werden zum Beispiel TOD und „Park and Ride“-Konzepte verknüpft. Dies bremst eine Verlagerung vom MIV hin zum ÖPNV aus (vgl. Diller/Eichhorn 2021: 174; Randelhoff 2018). Durch die Planung zu Gunsten des MIVs gehen Flächen verloren, die genutzt werden könnten, um den Umweltverbund vor Ort oder die Aufenthaltsqualität im Quartier zu stärken (vgl. Bolleter/Ramalho 2020: 17). Durch den anhaltenden, parallelen Fokus auf den MIV gehen damit Potenziale in der Umsetzung von TOD verloren.

Die Idee von TOD ist bei jedem Projekt dieselbe: Siedlungsentwicklung soll sich an Infrastrukturachsen des öffentlichen Verkehrs orientieren. In der Praxis gestaltet sich die Umsetzung solcher Quartiere jedoch immer individuell. TOD kann nicht in jeder Region oder Kommune gleich umgesetzt werden. Bei jedem konkreten Fall muss abhängig von der vorhandenen Infrastruktur sowie den sozio-ökonomischen und ökologischen Ausgangsbedingungen ein auf den konkreten Fall angepasstes TOD-Konzept entwickelt werden. Dabei kann sich ergeben, dass das Prinzip des TOD im konkreten Fall nicht effektiv eingesetzt werden kann oder Abstriche in der Umsetzung ambitionierter Planungen vorgenommen werden müssen. Beispielsweise weisen nicht alle Räume die Voraussetzungen für eine dichte, urbane Bebauungsstruktur auf (vgl. Cornetto 2020: 53).

### Institutioneller Lock-In

Für eine effiziente Nutzung des TOD-Prinzips bedarf es einer hohen baulichen und räumlichen Dichte, da ÖPNV erst durch eine Vielzahl an Nutzenden effektiv wird. In suburbanen oder ländlichen Räumen, die meist durch gering verdichtete Bebauungsstrukturen geprägt sind, lässt sich TOD daher nur begrenzt umsetzen. Vor allem Projektentwickler meiden die Umsetzung in ländlichen Räumen, da die Nachfrage nach dichtem Wohnraum in dieser Lage gering ist (vgl. Cornetto 2020: 53). Auch der Nutzen von TOD selbst lässt in ländlichen Räumen nach, da die Zahl der potenziell Nutzenden, die Taktfrequenz, Anschlussverbindungen und die erreichbaren Ziele geringer sind (vgl. Priebes 2020: 157). Eine Studie zu US-Metropolregionen ergab, dass TOD-Stationen in innerstädtischen Lagen zu einer Reduktion des MIV von 70-90% führten, während die Nutzung des MIV in suburbanen Räumen nur eine Reduzierung um 15-25% ergab (vgl. Cervero/Arrington 2008: 15). Doch auch in städtischen Räumen zeigen sich Herausforderungen bei der Umsetzung von TOD. Durch die Kleinräumigkeit und die historische Entwicklung von deutschen Städten, lassen sich TOD-Konzepte schwerer implementieren als zum Beispiel in den "Suburbs" der USA.

Der Fokus von TOD in Deutschland liegt in der Regel nicht auf dem Ausbau von neuen TOD-Standorten inklusive neuer Infrastruktur, sondern auf der Nutzung von Flächenpotenzialen entlang des bestehenden SPNVs. Deren Umfeld ist bereits teilweise bebaut und die verbleibenden Flächen sind häufig durch fragmentierte Eigentumsverhältnisse gekennzeichnet. Dies kann einen Umsetzungsprozess schon im Vorfeld aufhalten, da nicht alle für die Entwicklung benötigten Flächen zur Verfügung stehen oder TOD-Planungen sogar ganz zum Scheitern bringen, wenn nicht ausreichend Eigentümer\*innen bereit sind, ihre Flächen für eine Entwicklung zu veräußern (vgl. Bolleter/Ramalho 2020: 17; Thomas et al. 2018: 1202). Der SPNV spielt in Deutschland als Teil der öffentlichen Daseinsvorsorge traditionell eine große Rolle im Verkehrssektor. Die Dichte des öffentlichen (Schienenpersonen)-Verkehrssystems ist daher stärker gesättigt als in anderen Ländern (z. B. den USA) und die Ausbau- und Revitalisierungspotenziale daher geringer (vgl. büro stadtVerkehr 2021). Eine Studie von Eichhorn et al. 2021 für Nordrhein-Westfalen zeigt zudem, dass in den Räumen, welche sich besonders für TOD eignen, da sie eine besonders gute Angebotsqualität haben, oft nur noch geringe Flächenpotenziale vorhanden sind und diese häufig auch hohe Bodenrichtwerte aufweisen, was ein zusätzliches Entwicklungshemmnis darstellt. Stattdessen zeigen sich Flächenpotenziale für TOD in Räumen mit einer schlechten Angebotsqualität, Versorgung und geringen Nutzungsdurchmischung (vgl. Eichhorn/Gerten/Diller 2021: 21, 32–33).

Eine weitere Herausforderung zeigt sich bei der Finanzierung von TOD-Projekten. Hohe Grundstücks- und Erschließungskosten reduzieren das Interesse von Projektentwickler\*innen, TOD-Quartiere zu planen und umzusetzen (vgl. Bolleter/Ramalho 2020: 16). Weiterhin fallen bei dem Ausbau der Schieneninfrastruktur hohe Kosten an und es kommt zu langen Bauzeiten (vgl. Thomas/Bertolini 2020: 1). Projektentwicklung konzentriert sich daher eher auf Projekte, welche einen gesicherten Gewinn versprechen und sich bereits bewährt haben. Dies impliziert häufig auch, dass sich an bestehenden städtebaulichen Strukturen und damit Dichten im Umfeld orientiert wird.

Für eine erfolgreiche Umsetzung von TOD bedarf es jedoch einer hohen baulichen Dichte (vgl. Hrelja et al. 2022: 9; Thomas/Bertolini 2020: 9). Bereits bestehende Bebauungspläne an einem Standort können diesbezüglich ein Hemmnis darstellen, wenn sie keine ausreichende Dichte vorsehen und erst geändert werden müssen, damit diese erreicht werden kann. Das gleiche Problem kann auch auftreten, wenn bestehende Bebauungspläne im Sinne eines TOD weniger geeignete Nutzungen ausweisen (z. B. hohe Anteile an Gewerbe). Bei der Aufstellung von Bebauungsplänen wie auch Bebauungsplanänderung handelt es sich ebenfalls um langwierige Prozesse, sodass Planungsprozesse für TOD häufig einen langen Vorlauf benötigen (vgl. Thomas/Bertolini 2020: 9 f.).

Für eine Umsetzung von TOD-Projekten bedarf es einer Zusammenarbeit von Beteiligten aus verschiedenen öffentlichen Sektoren bzw. Fachplanungen (teils unterschiedlicher Hierarchiestufen bzw. räumlicher Ebenen) sowie privaten Beteiligten. Diese Zusammenarbeit findet in einem fragmentierten Regelungsumfeld statt, wodurch die Komplexität, der Zeitaufwand, die Unsicherheit, das Risiko und die Kosten von Projekten erhöht werden (vgl. Bolleter/Ramalho 2020: 17). Öffentliche und private Beteiligte verfolgen während der Planung oft unterschiedliche Interessen und Ziele, wodurch es zu Konflikten und Verzögerungen in der Planung kommen kann (vgl. Thomas/Bertolini 2020: 11). Defizite zeigen sich auch in der Zusammenarbeit zwischen der Landnutzungsplanung (hier vor allem Regionalplanung und Bauleitplanung) und der Verkehrsplanung. So werden - grob zusammengefasst - in Deutschland die wesentlichen Entscheidungen zur Anpassung der SPNV-Infrastruktur auf Bundes- und Landesebene getroffen, die Kommune trifft im Rahmen der Bauleitplanung Entscheidungen über die städtebauliche Nutzung im Umfeld, während die Entscheidung über die Umsetzung bei privaten Grundstückseigentümern (im Umfeld) bzw. der Deutschen Bahn (Stationsgelände) liegt.

Der Fokus bei TOD liegt besonders auf der Umsetzung eines nachhaltigen Verkehrswesens, eine gute Zusammenarbeit zwischen der Gesamtplanung und den Fachplanungen ist daher unerlässlich. In der Praxis zeigen sich jedoch oft Schwächen in der Kommunikation und weiteren Arbeitsschritten (vgl. Cornetto 2020: 242; vgl. Diller/Eichhorn 2021: 169; Prieb 2020: 153). Um alle Beteiligten und die Bevölkerung vom TOD-Konzept zu überzeugen, sind eine einheitliche Strategie und Vision nötig, welche durch den Prozess der Planung und Umsetzung führen. In der Praxis zeigt sich, dass genau diese einheitliche Sichtweise und Präzision oft fehlen und nicht ausreichend kommuniziert werden (vgl. Hrelja et al. 2022: 9). Internationale TOD-Ansätze verfolgen zwar die gleiche Idee und dasselbe Ziel, wie diese Ansätze aber in der Praxis implementiert werden können, ist von Land zu Land unterschiedlich, da alle Länder verschiedene Grundvoraussetzungen mit sich bringen, wie der Vergleich von TOD in den USA und Deutschland (s. o.) bereits gezeigt hat. Internationale TOD-Konzepte können aufgrund kontextueller Unterschiede in Kultur, Gesellschaft, Sprache, räumlichen Mustern, Planungssystemen und finanziellen Ressourcen nicht unmittelbar auf räumliche Muster in Deutschland übertragen werden (vgl. Thomas et al. 2018: 1203).

### **Verhaltensbedingter Lock-In**

Die Umsetzung von TOD-Projekten scheitert unter anderem auch an fehlender Akzeptanz der Bewohner\*innen im Umfeld, die aufgrund höherer baulicher Dichte eine Abnahme der Qualität im direkten Lebensumfeld fürchten. Auch die Angst vor steigenden Boden- und Mietpreisen und zunehmendem Verkehr spielt dabei eine Rolle (vgl. Bolleter/Ramalho 2020: 13 ff.; Cornetto 2020: 55). Besonders in Bahnhofsnähe ist das bezahlbare Wohnen wichtig, da einkommensschwächere Bevölkerungsgruppen in besonderem Maße auf den ÖPNV angewiesen sind (vgl. Thomas/Bertolini 2020: 1; Diller/Eichhorn 2021: 165). Der Widerstand aus der Anwohnerschaft kann daher zu einem Fortbestehen der aktuellen Planungs- und Umsetzungskultur führen. Abseits der Anwohnerschaft kritisieren auch lokale Unternehmen TOD-Konzepte. Steigende Mieten und ein sich veränderndes Kaufverhalten (aufgrund des Bevölkerungswechsels) können zu einer Verdrängung der lokal ansässigen Betriebe führen (vgl. Thomas/Bertolini 2020: 9).

Eine breite und niedrigschwellige Beteiligung während der Planung kann die Akzeptanz bei Anwohnenden und private Unternehmen für TOD steigern (vgl. Cornetto 2020: 240; Thomas et al. 2018: 1203, 1211).

Ein weiteres Hemmnis ist das Fehlen von standardisierten Kriterien und Zielwerten für TOD-Projekte, sodass die Kommunen in Teilen gar nicht genau wissen, was für ein Standard erstrebenswert und nötig ist (vgl. Hale 2014: 504). Dies kann dazu führen, dass Transit-Adjacent-Development-Siedlungen statt Transit-Oriented-Development-Projekte umgesetzt werden. In der Praxis zeigt sich zudem, dass bei der Planung und Umsetzung auch die Designqualität von TOD-Quartieren zum Teil als nicht ausreichend angesehen wird und gestalterische Möglichkeiten aufgrund einer technisch fokussierten Umsetzung ungenutzt bleiben (vgl. Prieb 2020: 165; Thomas et al. 2018: 1202). Die Quartiere sind häufig durch moderne und hohe Gebäude geprägt, welche teils als unästhetisch empfunden werden, u. a. da sie sich nicht in den jeweiligen räumlichen Kontext einpassen. Dies ist zum Teil darauf zurückzuführen, dass städtebauliche Konzepte aus anderen Kontexten lediglich kopiert werden, da es Verwaltung und Planung an Ressourcen, aber teils auch der Bereitschaft fehlt, zu experimentieren und neue, ortsangepasste Ansätze zu entwickeln (vgl. Thomas et al. 2018: 1202–1203). In Deutschland folgt die Ausweisung von Wohnbauland in der Regel als Reaktion auf die Nachfrage nach Bauland und Wohnraum durch die Bevölkerung und wird erst nachgelagert – wenn eine entsprechende Nachfrage zu erwarten ist – an den ÖPNV angeschlossen. Beim TOD wird das Prinzip jedoch umgedreht, die Stadt geht in „Vorkasse“ und entwickelt ein verkehrsangepasstes Quartier. Dieses Angebot soll dann potenzielle Anwohnende ansprechen, sodass diese ihren alten Wohnort verlassen und in ein klimafreundlicheres Quartier umziehen. Wie bereits erwähnt wurde, besteht aus der Bevölkerung jedoch oft nicht die Nachfrage nach TOD-Quartieren, sodass dies zu einem Teufelskreis führen kann (vgl. büro stadVerkehr 2021). Anzumerken ist, dass die Ursachen für das Festhalten an einer „bedarfsgerechten“ Planung nicht nur bei den Kommunen liegen. Die „Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen im öffentlichen Personennahverkehr“ dient als bundeseinheitliche Entscheidungsgrundlage für öffentliche Investitionsentscheidungen im ÖPNV. Diese legt fest, dass Linien erst gebaut werden dürfen, wenn der Bedarf vorhanden ist oder nachgewiesen werden kann. Daraus resultiert ein Henne-Ei-Problem: Ohne einen nachgewiesenen Bedarf darf die Verkehrsplanung keine neuen ÖPNV-Linien und damit TOD-Quartiere realisieren (ebd.: 1; Intraplan Consult GmbH/Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart GmbH 2023). Ohne das Angebot eines TOD-Quartiers wiederum wird die Bevölkerung nicht motiviert, TOD-Quartiere zu nutzen und ihr Verkehrsverhalten zu verändern, sodass kein Bedarf nach Transit-Oriented-Development besteht/entsteht (vgl. Intraplan Consult GmbH/Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart GmbH 2023).

Betrachtet man die bereits genannten Hemmnisse, zeigt sich, dass es sich bei der Entwicklung von TOD-Projekten um komplexe Prozesse handelt. Der Erfolg einer TOD-Planung ist nicht garantiert und es besteht Planungsunsicherheit. Daher schätzen viele Kommunen und Projektentwickler\*innen deren Planung als riskant ein und weichen auf konventionelle Immobilienprojekte aus, welche potenziell eine schlechtere Klimabilanz aufweisen als erfolgreich umgesetzte TOD-Projekte. Das Festhalten an konventionellen Immobilienprojekten kann insofern auch als ‚Carbon Lock-In‘ betrachtet werden (vgl. Thomas/Bertolini 2020: 11, 15). Die Hemmnisse lassen sich in unterschiedlichen Fachpolitiken und bei unterschiedlichen Beteiligten verorten. Es reicht nicht, eine ausreichende Infrastruktur bereitzustellen, es muss auch die Bevölkerung mitgenommen, sozialer Ungleichheit entgegengewirkt werden usw. Dies bedarf einer integrativen und interdisziplinären Herangehensweise (vgl. Thomas et al. 2018: 1203).

### 3.2 Fallbeispiel „Neue Bahnstadt Opladen“

Bei der „Neuen Bahnstadt Opladen“ handelt es sich um ein Bahnhofsquartier in Opladen, einem Stadtteil von Leverkusen. Leverkusen befindet sich in einem Städtedreieck aus den Städten Köln, Düsseldorf und Wuppertal. Das 72 Hektar große ehemalige Ausbesserungswerk der Deutschen Bahn wurde 2003 geschlossen. Aufgrund der vorherigen Nutzung ist das Quartier durch einen Bahnhof angebunden, die umliegenden Städte können mit dem SPNV innerhalb kurzer Zeit erreicht werden. Das Quartier wird durch die Gleise des Bahnhofs in eine West- und Ostseite getrennt, wobei die Westseite direkt an das Opladener Stadtteilzentrum angrenzt. Der Bahnhof befand sich vor Umsetzungsbeginn in einer Inselanlage, da er zu beiden Seiten von Personen- und Gütergleisen umgeben war (vgl. neue bahnhofsstadt opladen GmbH 2024). Für die Entwicklung der Fläche fand 2006 ein Städtebaulicher Wettbewerb zur Umgestaltung der Fläche statt. Das Ziel war neben dem Aufbau des Bahnquartiers auch eine Belebung des Opladener Zentrums (vgl. wettbewerb aktuell 2006). Der Gewinnerentwurf (vgl. Abbildung 3) sieht für den Großteil der Bahngelände einen Abriss vor, einzelne, denkmalpflegerisch relevante Gebäude sollen jedoch erhalten und in das neue Stadtbild integriert werden. Die beiden Bahntrassen sollen zu einer gemeinsamen Trasse gebündelt werden, sodass der Bahnhof sich in die Westseite des Quartiers eingliedern kann. Während die Westseite des Quartiers aufgrund der Nähe zur Opladener Innenstadt eine hohe bauliche Dichte aufweisen soll (vor allem Geschosswohnungsbau), zeigt sich auf der Ostseite entsprechend des städtebaulichen Kontextes eine geringere bauliche Dichte mit 274 geplanten Wohneinheiten in Form von Mehrfamilien- und Reihenhäusern. Des Weiteren sind auf der Ostseite ein Campus der Technischen Hochschule Köln, ein Studierendenwohnheim, soziale Angebote, wie zum Beispiel ein Mehrgenerationen-Wohnen oder das „Haus der Jugend“ sowie ein Gewerbegebiet geplant. Ziel der Planungen ist ein durchmischtes Quartier, welches sich durch vielfältige Strukturen auszeichnet. Zentral im Entwurf sind auch die Grünstrukturen, die sich durch das Quartier ziehen und den öffentlichen Raum prägen. Bei der sogenannten „Grünen Mitte“ im Zentrum der Ostseite handelt es sich um eine zwei Hektar große Spiel- und Freifläche. Abbildung 4 zeigt, dass auch auf der Westseite des Quartiers ein grünes Band geplant ist, welches sich durch das Quartier zieht (vgl. neue bahnhofsstadt opladen GmbH 2024; GREENBOX LANDSCHAFTSARCHITEKTEN Partnerschaftsgesellschaft mbB 2024).



Abbildung 3: Gewinnerentwurf für die Neue Bahnstadt Opladen  
Quelle: neue bahnhofsstadt opladen GmbH 2024

Bei der Westseite, auch „Opladener Bahnhofsquartier“ genannt, handelt es sich um ein zwölf Hektar großes Areal, dessen Bebauung sich noch in der Umsetzung befindet. Geplant ist eine hohe bauliche Dichte mit vier- bis siebengeschossigen Gebäuden. Ungefähr die Hälfte der verfügbaren Flächen soll für Büros und Dienstleistungen genutzt werden, die andere Hälfte teilt sich auf Wohn- und Einzelhandelsnutzungen auf. Dabei sind circa 500 Wohneinheiten geplant, welche sich durch vielseitige Wohnungstypen und -angebote auszeichnen sollen. Für eine direkte Verbindung und eine erleichterte Erreichbarkeit zwischen der östlichen und der westlichen Entwicklungsfläche werden zwei neue Brücken gebaut. Die Westseite ist direkt mit dem Bahnhof verbunden und bietet daher einen direkten Anschluss an den SPNV. Für verbesserte Umsteigemöglichkeiten soll der zentrale Busbahnhof in das Quartier zur Bahnhofsbücke verlegt werden. Für Parkmöglichkeiten sollen allein auf der Westseite des Areals 400 PKW-Stellplätze und ein Fahrradparkhaus realisiert werden. Weiterhin wird das Angebot durch eine Mobilstation im Osten des Quartiers ergänzt, welche unter anderem Ladeinfrastruktur für E-Mobilität und Sharingangebote bereitstellt (vgl. neue bahnstadt opladen GmbH 2024).



Abbildung 4: Planungen für die Westseite des Areals  
Quelle: Greenbox Landschaftsarchitekten Partnergesellschaft mbB 2024

Inzwischen wurde ein großer Teil der Planungen bereits umgesetzt, nur einzelne Bauabschnitte auf der Westseite sind noch nicht beendet. Dies ist für 2024 geplant. Wie auch in der Planung vorgesehen, zeichnen sich die Wohngebiete der Ostseite durch eine geringe bauliche Dichte und lose Baukanten aus, die Westseite hingegen orientiert sich stärker am Opladener Zentrum und weist eine höhere städtebauliche Dichte und feste Baukanten auf (vgl. neue bahnstadt opladen GmbH 2024). Die Planungen fügen sich damit auch in den umgebenden städtebaulichen Kontext ein. Das Projekt kann in Hinblick auf eine erfolgreiche Umsetzung als ein Beispiel für eine konsequente und weitgehend fristgerechte Planung gesehen werden. Betrachtet man jedoch die weiteren Entwürfe, die 2006 im Architekturwettbewerb vorgestellt wurden, lässt sich die Frage stellen, warum gerade ein Entwurf gewonnen hat, der teilweise eine geringe Dichte aufweist, obwohl das Quartier eine innerstädtische Lage besitzt und auch einen Bahnanschluss mit sehr guter Anbindungsqualität aufweist. Für eine bessere Klima- und Umweltbilanz und eine möglichst intensive Nutzung des SPNVs im Sinne des TOD ist es hingegen wichtig, Bahnhofsquartiere mit einer hohen baulichen Dichte zu planen. Trotz der direkten Nähe zum Bahnhof Opladen verzeichnet die Bahnstadt teils sehr niedrige Dichten, insbesondere die Einfamilienhausstrukturen auf der Ostseite. Dass eine höhere Dichte möglich gewesen wäre, wird in anderen Entwürfen des Wettbewerbs deutlich (vgl. Abbildung 5). Auch in dem hier dargestellten Entwurf lassen sich zwar vereinzelt Einfamilienhäuser als Solitäre erkennen, der generelle Tonus liegt aber deutlich auf einer höheren baulichen



Dichte, welche mehr Wohnraum im Quartier ermöglicht (vgl. ASTOC ARCHITECTS AND PLANNERS GmbH/URBAN CATALYST Landschaftsarchitektur/ARGUS Stadt und Verkehr 2006).

Auch die zahlreichen PKW-Stellplätze, sowohl in Bahnhofsnähe als auch auf den Grundstücken der Wohngebäude zeigen, dass kein spezifischer Fokus auf einer Reduzierung des MIV lag. Dabei können sich institutionelle Lock-In-Effekte darin zeigen, dass durch möglicherweise bestehende Stellplatzsatzungen rechtliche Vorgaben zur Anzahl der benötigten Stellplätze nicht unterschritten werden dürfen. Die Ausgestaltung dieser Stellplatzanzahl, in diesem Fall oberirdisch an den jeweiligen Häusern im Vergleich zu gebündelten und/oder unterirdischen Parkmöglichkeiten wie z. B. Quartiersgaragen zeigen jedoch auch individuelle Präferenzen und gesellschaftlich gewünschte und nachgefragte Strukturen auf. Die 400 öffentlichen Parkplätze, welche entlang des Bahnhofs auf der Westseite entstehen sollen, unterstreichen diesen Eindruck. In nachfolgenden Planungsabschnitten werden diese allerdings durch eine Verlegung des Busbahnhofs, ein Fahrradparkhaus und Elemente einer Mobilstation ergänzt (vgl. neue bahnstadt opladen GmbH 2024).



Abbildung 5: Alternativer Entwurf für die Ostseite  
Quelle: ASTOC ARCHITECTS AND PLANNERS GmbH mit URBAN CATALYST Landschaftsarchitektur und ARGUS Stadt und Verkehr 2006

Eine weitere Herausforderung zeigt sich im Hinblick auf die soziale Durchmischung im Plangebiet. Durch den starken Fokus auf Einfamilienhäuser wird vor allem eine Klientel mit einem höheren Einkommen angesprochen. Dennoch ist innerhalb der Geschosswohnungsbestände auch geförderter Wohnraum entstanden. (vgl. Käding 2023).

Umsetzungsschwierigkeiten im Quartier zeigen sich unter anderem in der Verzögerung von Planungs- und Bauprozessen. Der Campus der Technischen Hochschule zum Beispiel sollte nach Planungen bereits 2013 bezugsfertig sein, stattdessen wurde aufgrund finanzieller Schwierigkeiten erst 2017 mit dem Bau begonnen. Die Verzögerungen werden neben den finanziellen Herausforderungen auch aufgrund einer vielfältigen Beteiligtenstruktur (z. B. war die Deutsche Bahn für die Umlegung der Gleise verantwortlich) und kleinteiliger Planungen verursacht (vgl. Gerhards 2022). Wie bereits dargelegt, konnte ein Großteil der Planungen aber innerhalb des gesetzten Zeitraums umgesetzt werden.

Die Bauprozesse konzentrierten sich anfangs vor allem auf die Umsetzung von Wohnen in geringerer Dichte, da zuerst das „Wohnen am grünen Kreuz“ und das „Quartier am Campus“ fertiggestellt wurden. Die Westseite des Plangebiets, die eine höhere bauliche Dichte und mehr Wohneinheiten mit günstigeren Konditionen aufweist, befindet sich aktuell noch in der Bauphase.

Die Einfamilienhausgebiete sind autofreundlich gestaltet. Der öffentliche Mobilitätshub wurde erst 2022 fertiggestellt, das Fahrradparkhaus am Bahnhof erst 2023 (vgl. neue bahnstadt opladen GmbH 2024). Der MIV spielte daher insbesondere in der Anfangsphase des Projekts eine bedeutende Rolle. Die

beschriebene Reihenfolge der Bauabschnitte kann durch unterschiedliche interne und externe Faktoren bestimmt werden. Neben eigenen Priorisierungen der Projektentwicklung können auch die Verfügbarkeit von Grundstücken, die Suche nach Käufer\*innen, Investor\*innen und Immobilienentwickler\*innen sowie die Komplexität der Planungsprozesse in den einzelnen Bauabschnitten eine Rolle spielen. Die Baureihenfolge kann jedoch über die initial vorhandene bauliche Ausstattung Einfluss auf die Sozialstruktur im Quartier (z. B. über die Kaufkraft) und die individuellen Verhaltensroutinen (z. B. das Mobilitätsverhalten) nehmen. Im Sinne der Etablierung von Mobilitätsroutinen und der Schwierigkeit, diese nachträglich aufzubrechen und zu verändern, kann in Frage gestellt werden, inwieweit sich Anwohner\*innen, die zuerst das Auto genutzt haben, nachträglich für eine Verhaltensänderung und Nutzung des Mobilitätshubs oder des Fahrradparkhauses entscheiden, wenn sie sich schon seit längerer Zeit auf den MIV verlassen. Anschluss findet diese Erkenntnis auch an das Positionspapier der ARL zur „großen Transformation“, in der ebenfalls aufgezeigt wird, dass soziale Praktiken – wie beispielsweise Mobilitätsroutinen – stärkere Berücksichtigung in der Planungspraxis finden müssen und das (neben vielen weiteren spannenden Erkenntnissen) lange Planungsprozesse im Verlauf flexibler an neue Rahmenbedingungen und Ziele anpassbar sein müssen (vgl. ARL 2024: 4 ff.).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Neue Bahnstadt Opladen ein gutes Beispiel eines fortschrittlichen und auf Nachhaltigkeit ausgerichteten städtebaulichen Projekts ist, das jedoch das mögliche Gesamtpotenzial der Lage und Fläche nicht in vollem Umfang ausschöpft. Es lassen sich Anzeichen für verschiedene Ausprägungen von Carbon-Lock-In-Effekten in der Planung und Umsetzung der Neuen Bahnstadt Opladen feststellen: Dies beginnt bei der Wahl des Entwurfs, der zumindest in Teilen Einfamilienhäuser und damit eine geringere Bebauungsdichte vorsieht. Konkurrierende Entwürfe hatten auf eine höhere Bebauungsdichte gesetzt. Ein indirekter Effekt tritt dadurch auf, dass eben diese Bereiche mit geringerer Bebauungsdichte zuerst umgesetzt wurden. Hinzu kommt, dass diese Bereiche mit geringerer Bebauungsdichte autofreundlich gestaltet wurden, was indirekt zu einer geringeren Attraktivität des ÖPNV führt, und somit dem initialen Gedanken hinter TOD entgegenwirkt. Die Gestaltung hat zudem einen Einfluss auf die Bewohnenden-Struktur: Einkommensschwächere Gruppen, die tendenziell eher auf den ÖPNV angewiesen sind, werden erst durch den später umgesetzten Geschosswohnungsbau im westlichen Teil angesprochen. Abschließend sei noch die Priorisierung der MIV-Infrastruktur gegenüber der des Umweltverbunds genannt: MIV-Stellplätze wurden von Beginn an umgesetzt (zudem überirdisch und nicht gebündelt), das Fahrradparkhaus erst ganz am Ende des Bauvorhabens, wodurch sich MIV-affine Mobilitätsroutinen etablieren konnten, die schwer wieder aufzubrechen sein können.

Für eine genauere Untersuchung der Restriktionen, die konkreten Planungsentscheidungen zugrunde liegen, kann eine Dokumentenanalyse wie im vorliegenden Fall jedoch lediglich ein Startpunkt sein. Vor allem zur Gewichtung von Lock-In-Effekten im raumplanerischen Entscheidungsprozess müssten vertiefende Interviews mit den Planungsbeteiligten geführt werden. Auch Aussagen zum realen Mobilitätsverhalten der Einwohnenden, zur Nutzungsmischung und zur weiteren Klassifizierung von Quartieren nach TOD- und TAD-Kriterien müssten anhand von Befragungen und GIS-Analysen vertiefend untersucht werden.

## 4 Flächen für erneuerbare Energien: Fokus Freiflächen-PV

Die Umstellung der Energieproduktion auf erneuerbare Energiequellen trägt zur Erreichung der Ziele des Klimaschutzes bei und fördert die Unabhängigkeit von Energieimporten aus Drittstaaten. Hierfür ist ein massiver Ausbau der Erzeugungsanlagen erneuerbarer Energien nötig. Insgesamt soll die installierte Leistung von Solaranlagen (Dachanlagen, Freiflächenanlagen, besondere Solaranlagen) auf 215 Gigawatt (GW) im Jahr 2030 gesteigert werden. Für das Jahr 2040 wurde ein Zielwert von 400 GW festgelegt. Geplant ist es, den Ausbaupfad in Zukunft hälftig auf Dach- und Freiflächen zu verteilen (vgl. Bundesregierung 2022: 2 f.). Die Energieerzeugung durch Photovoltaik (PV) mit sinkenden Realisierungskosten und steigender Moduleffizienz hat somit das Potenzial, eine zentrale Rolle bei der Energiewende in Deutschland zu spielen (vgl. Einig et al. 2022: 4). Der geplante Ausbau von Freiflächen-Photovoltaikanlagen (FPV-Anlagen) muss dabei jedoch aktiv raumplanerisch gesteuert werden, um die Entwicklung möglichst auf gesamtträumlich sinnvolle und verträgliche Flächen zu lenken (vgl. ebd.: 2; Seht 2022: 189). Die Freiflächen-PV lässt sich in verschiedene Typen des Aufbaus unterscheiden, neben den bodennahen Freiflächenanlagen gibt es noch Floating (schwimmende) PV-Anlagen und Agri-PV, welche die Nutzungen von Landwirtschaft und Energieproduktion kombiniert. In der Praxis können beispielsweise aufgeständerte PV-Module auf einer Weide stehen, welche gleichzeitig als Raum für Viehwirtschaft genutzt werden (vgl. UBA 2023).

FPV-Anlagen bieten die Möglichkeit, große zusammenhängende Flächen mit PV-Anlagen auszurüsten, unter denen Flora und Fauna grundsätzlich weiterhin gedeihen können und haben den zusätzlichen Vorteil, dass ein Rückbau zukünftig relativ unproblematisch möglich ist. Bei der Aufstellung auf bereits versiegelten Flächen in Ortslagen wie Stellplätzen oder Baubrachen ergibt sich der Vorteil, dass keine neuen Flächen im Außenbereich in Anspruch genommen werden und die Beschattung durch die Anlagen sogar positive Effekte auf urbane Hitzeinseln bieten kann (vgl. Einig et al. 2022: 5; Wirth 2023: 33). Durch die zum 1.1.2023 in Kraft getretene Änderung des Erneuerbare Energien Gesetzes (EEG) haben inzwischen mehr Flächen für FPV-Anlagen Anspruch auf Förderung, als dies vorher der Fall war. Z. B. wurden die Randstreifen entlang von Schienen und Autobahnen von 200 m auf 500 m erhöht und Agri-PV wurde in die reguläre EEG-Förderung aufgenommen.

Flächenbedarf und Art der FPV-Anlagen haben sich in den letzten Jahren verändert. Technisch bessere Anlagen und sinkende Kosten ermöglichen es, auf weniger Fläche die gleiche Leistung zu installieren und interne Beschattung weniger berücksichtigen zu müssen. Somit entsteht für Agri-PV-Anlagen eine hohe Flächeneffizienz, die vor allem die Konkurrenz mit Futter und Nahrungsmittelerzeugung verringert. FPV-Anlagen sind flächenbezogen um ein vielfaches produktiver als die Produktion von Biomasse für die energetische Nutzung (vgl. Wirth 2023: 37). Die Installation von FPV-Anlagen in landwirtschaftlichen Gebieten kann jedoch auch zu Konflikten mit anderen Landnutzungen und zu Problemen mit der sozialen Akzeptanz führen (vgl. Hilker et al. 2023). Integrierte Anlagen wie beispielsweise Agri-PV, die Stromerzeugung mit landwirtschaftlicher Nutzung kombinieren, können diese Konflikte abmildern und die Landnutzungseffizienz durch die Mehrfachnutzung der Flächen erhöhen (vgl. Reker et al. 2022). Diese werden durch das EEG aber nur gefördert, solange die Flächen weiterhin überwiegend landwirtschaftlich genutzt werden (vgl. UBA 2023). Durch die geringere Anzahl möglicher Paneele im Vergleich zu ausschließlich für PV genutzten Flächen, können Agri-PV Anlagen für die Betreibenden weniger wirtschaftlich sein. Um die langfristige soziale Akzeptanz sicherzustellen, ist es wichtig, bei der Planung und Umsetzung von PV-Projekten ökologische Standards, lokale Interessen und spezifische regionale Bedingungen zu berücksichtigen (vgl. Sponagel et al. 2023). In der großen Mehrzahl werden daher FPV-Anlagen derzeit als konventionelle FPV-Anlagen und nicht als Agri-FPV-Anlagen umgesetzt. Im Fokus dieser Kurzstudie stehen daher die mit konventionellen Anlagen verbundenen Hemmnisse und ‚Carbon Lock-In‘ Effekte.

## 4.1 Hemmnisse und ‚Carbon Lock-In‘-Effekte

### Technologischer Lock-In

Ein zentraler Aspekt des technologischen Lock-In im Freiflächen-Photovoltaik-Ausbau ist die unzureichende Infrastruktur, insbesondere die Engpässe im Übertragungsnetz. Das bestehende Netz ist zum Teil nicht flexibel genug, um den Anforderungen der erneuerbaren Energien gerecht zu werden, was zu einer Trägheit des Systems und zur Verankerung der bestehenden Technologien führt. Auch die Netzbedarfsplanung hat aktuell Schwierigkeiten, mit den dynamischen Entwicklungen im Bereich der erneuerbaren Energien umzugehen. Insgesamt sind flexible und unbürokratische Lösungen bei der Planung und Umsetzung von Anlagen und Verteilernetzen notwendig (vgl. Seht 2022: 191 ff.; Flecken 2020: 833 ff.).

Die Rolle von Speichertechnologien wird in der Literatur unterschiedlich dargestellt. An einigen Stellen werden fehlende Speicherkapazitäten als Hemmnis für die zügige Umsetzung der Energiewende genannt (vgl. Seht 2022: 192), andere Studien kommen jedoch zu dem Schluss, dass vor allem kurz- bis mittelfristig noch kein Speicherproblem besteht und die Weiterentwicklung von Speichertechnologien z. T. sogar durch zu geringe Auslastung eingestellt wurden (vgl. Wirth 2023: 29). Die Abhängigkeit der Technologien von bestimmten Rohstoffen in Verbindung mit globalen Lieferketten führt zu einer Anfälligkeit gegenüber steigenden Rohstoffpreisen und der generell steigenden Kapitalkosten. In diesem Punkt ist jedoch damit zu rechnen, dass sich die aktuell sehr dynamische Entwicklung der PV-Technologien in Zukunft fortsetzen wird. Somit können Bedarfe sich zukünftig durch Effizienzsteigerungen stark verändern oder in Einzelfällen durch neue Technologien gänzlich entfallen. Genaue Prognosen sind in diesem Bereich jedoch langfristig nicht ermittelbar (vgl. Falkenberg et al. 2019: 23 f.).

Die vielfältigen Ausprägungen von FPV-Anlagen bringen differenzierte Auswirkungen auf Natur- und Umweltbelange mit sich, insofern kann in diesem Fall kein technologischer Lock-In Effekt aufgezeigt werden, die Umweltauswirkungen der einzelnen Systeme müssen jedoch in Planung und Umsetzung zwingend mitberücksichtigt werden. Integrierte PV-Anlagen wie PV auf extensiv bewirtschafteten Grünflächen, Agri-PV in Verbindung mit verschiedenen Anbau- und Pflanzenarten und Floating-PV-Anlagen werden kaum langfristige negative Umweltauswirkungen und zum Teil sogar positive Effekte zum Beispiel auf die Biodiversität zugeschrieben (vgl. Seht 2022: 195; Wirth 2023: 30 ff.).

### Institutioneller Lock-In

Da FPV-Anlagen aktuell keine privilegierten Vorhaben im Außenbereich i. S. des § 35 Abs. 1 BauGB darstellen, liegt eine Planungs- und Genehmigungspflicht auf Grundlage der kommunalen Bauleitplanung vor (vgl. Seht 2022: 194). Dabei muss die Zulässigkeit von PV-Nutzungen im Flächennutzungsplan dargestellt sein und ein Bebauungsplan für das entsprechende Gebiet aufgestellt werden. Die Praxis zeigt aktuell vor allem projekt- und anlassbezogene Planungen, die selten auf raumordnerischen (bzw. städtebaulichen) und umweltverträglichen Steuerungskonzepten basiert. Während sich die Ausbauziele inzwischen recht klar darstellen, sind die Ausbaupfade auf Bundes- und Landesebene zum Teil noch zu unklar formuliert und lassen keine Ableitung regionaler Zielgrößen zu. Diese und weitere fehlende Vorgaben - die Kommunen sind nicht an PV-Mindestwerte gebunden, es besteht keine PV-Pflicht bei Neuversiegelungen - führen häufig zu einem Verbleib beim Status quo (vgl. Einig et al. 2022: 5; Günnewig et al. 2022: 13; 50).

EEG-Förderung war über lange Zeit kaum für FPV anwendbar, sondern mit deutlich stärkerem Fokus auf dachgebundene und kleine bis mittlere PV-Anlagen. Mit der Novelle 2023 wurden mehr Flächen in die Förderkulisse aufgenommen, langfristig muss sich die Wirkung dieser Änderungen jedoch noch zeigen. Hierbei werden zwar mehr Möglichkeiten geschaffen, FPV-Anlagen zu bauen und somit zur Beschleunigung der Energiewende beizutragen, im Sinne der räumlichen Steuerung wird der Fokus jedoch von einer klareren Ausrichtung auf „Innenentwicklung“ hin zu mehr Möglichkeiten zur Flächeninanspruchnahme im Außenbereich verschoben. Mit steigender Wirtschaftlichkeit von FPV-Anlagen sinken zudem

im Allgemeinen die Anreize, die durch die Vergütung nach EEG bestehen. Es kommt somit immer häufiger auch außerhalb der vom EEG geförderten Flächenkulisse zur Errichtung neuer Anlagen, die Steuerungswirkung des EEG lässt in Folge dieser Entwicklungen und der allgemein sinkenden Vergütung nach (vgl. Otto/Wegner 2023: 3; Einig et al. 2022: 4 ff.). Konfliktlagen mit anderen Flächennutzungen z. B. des Natur- und Landschaftsschutzes oder mit bestehenden landwirtschaftlichen Flächennutzungen nehmen durch diese Entwicklungen zu (vgl. Einig et al. 2022: 5).

Die hohe Komplexität von Förderkulisse, Planungs- und Genehmigungsverfahren, Natur- und Artenschutz, und den Belangen der verschiedenen Planungsebenen kann den zeitlichen Rahmen für die Umsetzung erheblich verlängern. Dabei lassen sich sowohl komplexe Gemengelagen, die frühzeitig und intensiv abgestimmt werden müssen, feststellen, es wird aber auch immer wieder auf verschiedene bürokratische Hürden hingewiesen. Es besteht Abstimmungsbedarf mit raumordnerischen Festlegungen, die Flächen ausschließen, Belange der Landesraumordnung müssen beachtet werden und zugleich werden durch die Regionalplanungsträger nur sehr selten Vorrangflächen für FPV-Anlagen ausgewiesen (vgl. Otto/Wegner 2023: 9). Zeitintensive, fehlende oder unzureichende Abstimmung zwischen den Planungsebenen kann dabei zu Konflikten und Verzögerungen und Unsicherheiten im Planungs- und Umsetzungsprozess von Anlagen führen.

Da der Ausbau politischen Rückhalt erfordert, können auch wahltaktische Verhaltensweisen von Politiker\*innen dem institutionellen Lock-In zugerechnet werden. Die Sorge vor Unmut und Protesten der Anwohnenden schlägt sich dabei häufig in zaghaftem oder fehlendem Rückhalt für die geplanten Maßnahmen nieder.

Die weiterhin hohen Subventionen fossiler Brennstoffe (vgl. DIW 2021) und komplexe Preisstrukturen für Strom aus erneuerbaren Energiequellen führen zu Planungsunsicherheiten und wirtschaftlichen Bedenken und somit zu einer indirekten Ausbremsung der Energiewende. So entfällt bei Netzengpässen und Negativpreisen am Strommarkt die Marktprämie, die EE-Anlagen werden zur Netzsteuerung schneller abgeschaltet und mindern somit indirekt den Flexibilisierungsdruck für fossile Energieerzeugungsanlagen (vgl. Flecken 2020: 836).

### Verhaltensbedingter Lock-In

Effekte des verhaltensbedingten ‚Carbon Lock-In‘ zeigen sich vor allem bei Fragen von Akzeptanz und Widerstand gegen FPV-Anlagen. Auf individueller Ebene werden optische Veränderungen vor allem in direkter Nähe von Wohngebieten und eine „Technisierung“ des Landschaftsbildes häufig als negativ empfunden (vgl. Günnewig et al. 2022: 22; Wagner 2013: 51 f.). Damit einher gehen vor allem in touristisch geprägten Regionen Bedenken bezüglich der wirtschaftlichen Auswirkungen dieser Landschaftsbildveränderungen. Auch Eingriffe in das Ökosystem können zu Bedenken hinsichtlich des Natur- und Umweltschutzes führen und die Akzeptanz in der Bevölkerung senken (vgl. Müller/Dieckmann 2022). Da für die Integration in das bestehende Stromnetz häufig noch weitere Grundstücke benötigt werden, steigt mit der zunehmenden Anzahl beteiligter Grundstückseigentümer\*innen auch die Möglichkeit für Verzögerungen und Widerstand. Insgesamt lässt sich beobachten, dass vor allem Debatten um eine Veränderung des Landschaftsbildes häufig sehr emotional geführt werden (vgl. Wagner 2013: 58). Einer Studie der Agentur für Erneuerbare Energien aus dem Jahr 2023 zufolge ist die Akzeptanz der erneuerbaren Energien und insbesondere der Photovoltaik jedoch hoch. Abbildung 6 zeigt auf, dass die Akzeptanz zusätzlich steigt, wenn die Technologien in der eigenen Umgebung bereits erleb- und erfahrbar sind (vgl. Agentur für Erneuerbare Energien 2023; Wirth 2023: 36). Insofern kann die Frage aufgeworfen werden, ob sich Lock-In-Effekte im Bereich von Akzeptanz und Widerstand nicht auch in der „schweigenden Mehrheit“ und deren fehlender Teilnahme an Beteiligungs- und Aushandlungsprozessen zu Flächen für EE zeigen.

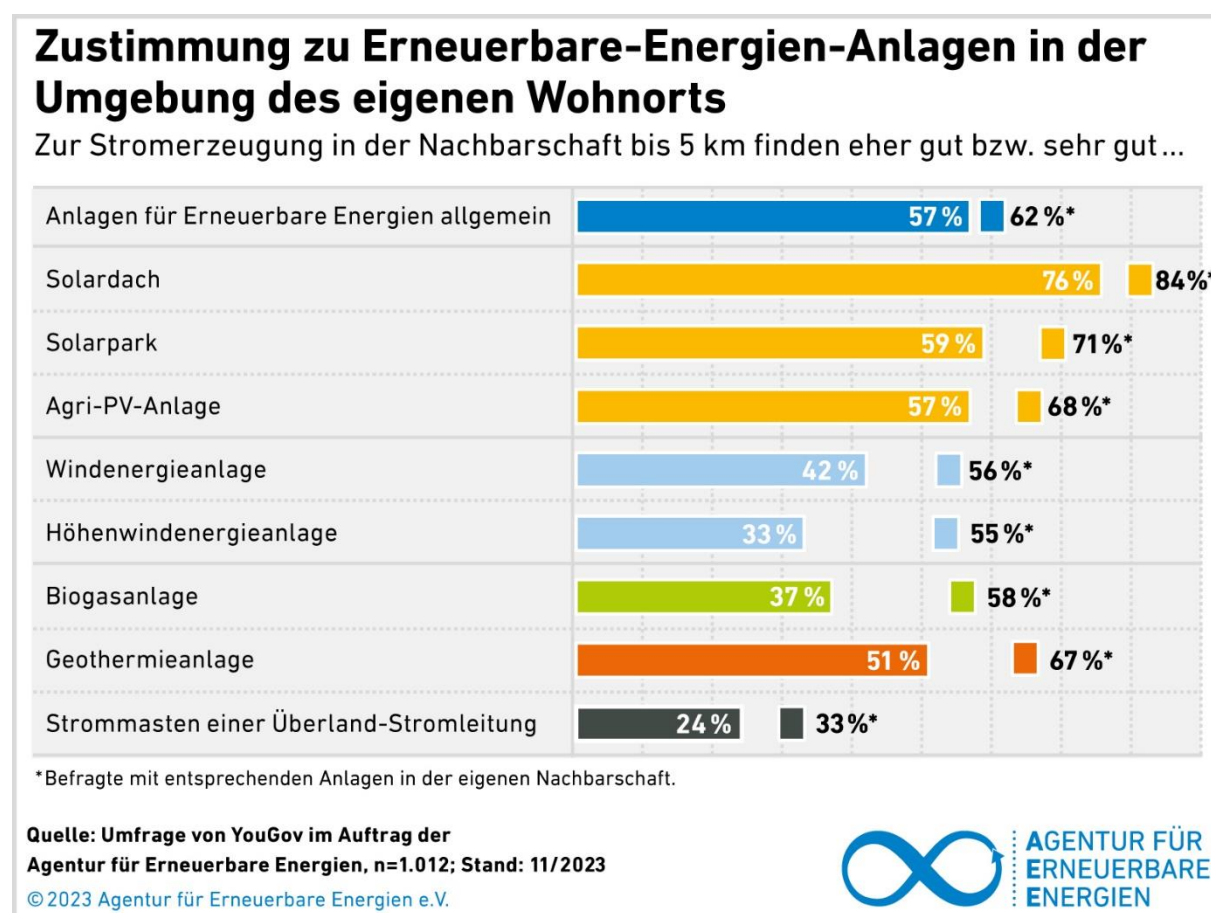


Abbildung 6: Zustimmung zu EE-Anlagen in der Umgebung des eigenen Wohnorts  
 Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien e.V. 2023

## 4.2 Fallbeispiel Freiflächen-Photovoltaikanlage Tempelfelde

Der Ortsteil Tempelfelde liegt im Südosten Brandenburgs und ist Teil der ca. 1000 Einwohner starken Gemeinde Sydower Fließ (vgl. Amt Biesenthal - Barnim 2024b). Im Kontext des „Energiekonzepts 2050“ der Bundesregierung und der „Energiestrategie Brandenburg 2030“ (vgl. GP Planwerk GmbH 2023: 14) soll in Tempelfelde eine Freiflächenphotovoltaikanlage errichtet werden, die Gesamtgröße der Anlage liegt im ersten Entwurf bei 225 Hektar (vgl. Abbildung 7, Amt Biesenthal - Barnim 2024c). Die Anlage soll 110 Megawatt erzeugen und damit ca. 33.000 Haushalte versorgen. Dadurch sollen jährlich ca. 44.000 Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden. Für die Planung und Umsetzung sind die Brandenburger Unternehmen NOTUS energy und BOREAS verantwortlich. Auch die Gemeinde erhofft sich durch den Solarpark höhere Steuereinnahmen. Die Anwohnenden aus Tempelfelde sollen ebenfalls unmittelbar durch den Solarpark profitieren. Für die Anwohnenden soll ein „exklusiver“ Naturstromvertrag zur Verfügung stehen, weiterhin gibt es die Möglichkeit, sich als Anwohnende direkt finanziell an der Anlage zu beteiligen und somit direkt am Erfolg des Projekts teilzuhaben (vgl. Notus energy Plan GmbH & Co. KG 2024).

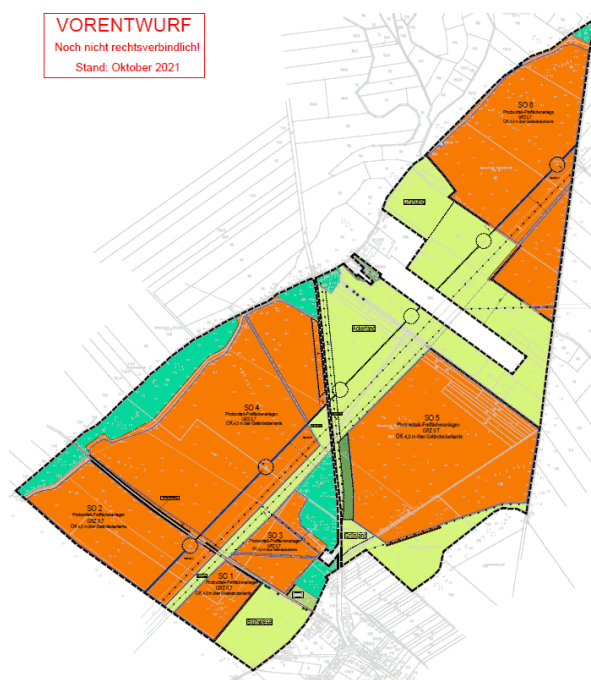


Abbildung 7: Erster Entwurf für den Solarpark  
Quelle: Amt Biesenthal – Barnim 2024

Der Bau der Anlage soll auch zu einer ökologischen Aufwertung der Fläche führen. Bei der beplanten Fläche handelte es sich vormals um einen Intensivacker, welcher nur begrenzten Lebensraum für Tiere bot. Der Umweltbericht des Vorhabens hat ergeben, dass keine erheblichen nachteiligen Umweltauswirkungen auf die Umweltbelange zu erwarten sind. Stattdessen wird durch die Errichtung des Solarparks eine ökologische Aufwertung erwartet, zum Beispiel durch die Schaffung von Lebensräumen für Insekten und kleine Säugetiere. Durch den Bau der Anlage kommt es zu keiner Bodenversiegelung. Die Solarpaneele sollen nach 49 Jahren zurückgebaut werden, sodass die Fläche wieder in ihre ursprüngliche Nutzung zurückgeführt werden kann. Zusätzlich werden Ausgleichsflächen in Form von Blüh- und Streuobstwiesen geschaffen. Diese befinden sich in unmittelbarer Nähe zum Solarpark, sodass auch die lokale Fauna von den Flächen profitieren kann. Während der Bauleitplanung werden unterschiedliche Beteiligungsformate für die Öffentlichkeit angeboten, sodass auch die Bedenken aus der Bevölkerung aufgegriffen werden können (vgl. Notus energy Plan GmbH & Co. KG 2024).

Das Vorhaben wurde der Gemeindevertretung im August 2020 vorgestellt, die Aufstellung des Bebauungsplans und die dritte Änderung des Flächennutzungsplans wurden Anfang 2021 beschlossen. Der Bebauungsplan sollte sechs Sondergebiete mit der Zweckbestimmung „Photovoltaik-Freiflächenanlage“ beinhalten. Im Oktober 2021 wurde ein Entwurf für einen städtebaulichen Vertrag zwischen der Gemeinde und den Vorhabenträgern vorgestellt. Dieser regelt die gesamte Kostenübernahme durch die Vorhabenträger, die Gemeinde erteilt dafür das Baurecht. Der erste Entwurf für den Bebauungsplan wurde im November 2021 durch die Gemeindevertretung abgelehnt und das Verfahren aufgeschoben. Aufgrund des Drucks aus einer Bürgerinitiative kam es in der Gemeindevertretung zu einer Pattsituation mit vier Stimmen für und vier Stimmen gegen den Beschluss (Amt Biesenthal - Barnim 2021). Im April 2022 wurde anschließend eine Variante mit einer reduzierten Fläche präsentiert. Diese wurde durch die Gemeindevertretung angenommen und der Öffentlichkeit vorgestellt (vgl. GP Planwerk GmbH 2022: 35 ff.; Böldt 2022; Amt Biesenthal - Barnim 2022). Die sechs ursprünglich geplanten Sondergebietsflächen wurden auf drei Gebiete reduziert.

Des Weiteren wurde der Geltungsbereich des Bebauungsplans um ca. 40 % verringert, dabei wurden vor allem landwirtschaftliche Flächen aus dem Geltungsbereich entnommen. Die Baufenster für die Solaranlagen verloren in diesem Zuge 20 % an Fläche (Amt Biesenthal - Barnim 2024a). Ziel der Reduzierungen war das Verhindern von Sichtbeziehungen zwischen dem Solarpark und dem Siedlungsbereich Tempelfelde sowie eine mögliche Tunnelwirkung auf der L292 (vgl. Ahnen&Enkel PartG 2022). Aufgrund verschiedener Anregungen durch Bürger\*innen gab es im Juni 2022 eine erneute Anpassung der Flächenkulisse. Die Baufenster für Module wurden erneut um 20 % auf insgesamt 110 Hektar reduziert (Amt Biesenthal - Barnim 2024a). Des Weiteren wurde der Zeithorizont für den Solarpark von ehemals 49 Jahre auf 40 Jahre verkürzt (vgl. GP Planwerk GmbH 2023: 15). Im Anschluss wurde die frühzeitige Beteiligung von Trägern öffentlicher Belange, Behörden und sonstigen Stellen initiiert. Zwischen Juni und August 2022 hatten diese die Möglichkeit, Stellungnahmen zum Bebauungsplanentwurf abzugeben. Auf Basis dieser Stellungnahmen wurden kleinere Anpassungen an der Größe der Baufelder und den Abstandsflächen vorgenommen. Die für Module nutzbare Fläche wurde dabei von 110 Hektar auf 108 Hektar reduziert. Die mit Modulen überbaubare Fläche wurde während der gesamten Anpassungsprozesse von 138 Hektar auf 108 Hektar reduziert (Amt Biesenthal - Barnim 2024a). Die Veränderungen im Zeitverlauf sind in den Abbildungen 8-10 dargestellt. Zwischen Juni und Juli 2023 wurden die dritte Änderung des Flächennutzungsplans und der aktuelle Stand des Bebauungsplans erneut öffentlich ausgelegt. Aufgrund der anhaltenden Kritik sollen die Pläne auch in Zukunft erneut präsentiert werden (vgl. GP Planwerk GmbH 2022: 35 ff.). Die Fertigstellung des Solarparks wurde für 2024 erwartet, inzwischen wird jedoch das Jahr 2025 für realistisch gehalten. (vgl. Hölscher 2023).

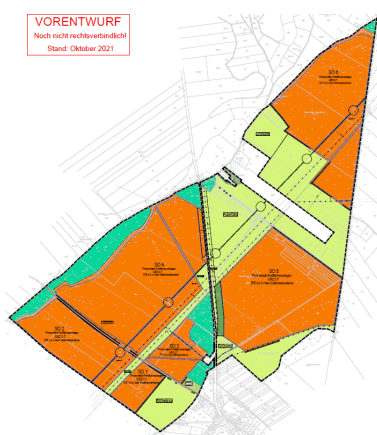


Abbildung 8: Erster Entwurf 2021  
Quelle: Amt Biesenthal – Barnim 2024

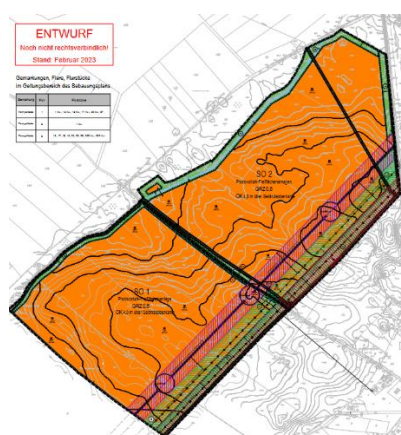


Abbildung 9: Aktueller Entwurf Westseite  
Quelle: Amt Biesenthal – Barnim 2024

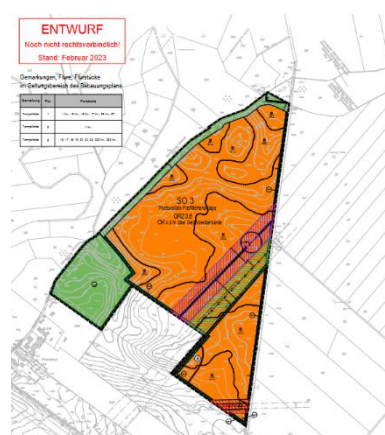


Abbildung 10: Aktueller Entwurf Ostseite  
Quelle: Amt Biesenthal – Barnim 2024

Des Weiteren wurde der Mindestabstand zu Wohnhäusern auf mindestens 450 Meter festgelegt, sodass die Anlage aus dem Ortsteil Tempelfelde nur noch von wenigen Punkten aus sichtbar ist. Der Sichtschutz soll gleichzeitig auch noch durch zusätzliche Hecken und Feldgehölze gewährleistet werden. Die anfangs geplante beidseitige Bebauung der Grüntaler Straße wurde auf eine einseitige Bebauung reduziert, sodass eine Tunnelwirkung während des Befahrens der Straße vermieden wird (vgl. Abbildung 8) (vgl. Ahnen&Enkel PartG 2022).



Die Planungen trafen in der Anwohnerschaft auf starke Kritik. Um die Gegenstimmen zu vereinen, bildete sich das „Barnimer Aktionsbündnis“, welches sich gegen den Aufstellungsbeschluss für den Bebauungsplan ausspricht. Im Folgenden werden die Kritikpunkte des Aktionsbündnisses zusammengefasst dargestellt (vgl. Der Tempelhof GmbH 2024):

- Die Planungen für den Solarpark stünden nicht in Einklang mit dem geltenden Flächennutzungsplan.
- Die Bürger\*innen der Gemeinde seien nicht ausreichend über die Planungen informiert worden. Weiterhin seien Bedenken und Einwände ignoriert worden.
- Die Anlage sei überdimensioniert.
- Das Landschaftsbild und die angrenzenden Ortschaften würden nachhaltig beeinflusst.
- Die Kommune bringe sich durch ihren hohen Windkraftanteil bereits stärker für die Energiewende ein als andere Kommunen.
- Die Anwohnenden seien nicht ausreichend bei der Standortwahl berücksichtigt worden.
- Durch den Solarpark werde die lokale Tourismuswirtschaft eingeschränkt.
- Diverse Wirkungen und Fragen seien nicht abschließend geklärt worden, darunter:
  - Auswirkungen auf die Ökologie und das Grundwasser
  - Auswirkungen auf die Attraktivität des Wohnumfelds
  - Auswirkungen auf die Immobilienpreise vor Ort
  - Zustand der Fläche nach dem Rückbau
  - Aufstellung eines Brandschutzkonzepts
  - Umgang mit Lärmbelästigung während der Anlagenerrichtung

(vgl. Der Tempelhof GmbH 2024)

Mit Vorwürfen sieht sich jedoch nicht nur die Gemeinde konfrontiert. Die überplanten Flächen befinden sich derzeit noch im Besitz von zwölf Eigentümer\*innen, welche ebenfalls in der Kritik stehen, da sie die Umsetzung des Solarparks durch den Verkauf oder die Verpachtung der Flächen erst ermöglichen. Im September 2023 haben laut Medienberichten Unbekannte vor der Auffahrt eines Landwirts Nägel verstreut und Warnbotschaften hinterlassen, dass dieser seine Flächen nicht verkaufen solle. Des Weiteren wurden gefälschte Anzeigen gegen den Landwirt in Umlauf gebracht (vgl. Finkler 2023; Böldt 2022).

Während einige der Argumente gegen die Anlage Interessensgegensätze zwischen den Befürwortenden und Gegner\*innen der Anlage widerspiegeln, lassen sich andere fachlich entkräften. Dass die Planung nicht in Einklang mit dem geltenden Flächennutzungsplan steht, ist keine Seltenheit. Mit dem Aufstellungsbeschluss für den Bebauungsplan wurde auch eine Änderung des Flächennutzungsplans, beschlossen. Dieses Vorgehen wird im Baugesetzbuch als „Parallelverfahren“ bezeichnet (Bundesregierung 2023) und kommt in der Praxis gerade bei Großprojekten regelmäßig vor (Böldt 2022). Um Unklarheiten zu vermeiden, wurden der Landesplanung die Absichten der Planung mitgeteilt und ein Abgleich mit den Zielen der Raumordnung angefragt. Die Landesplanung hat dabei bestätigt, dass kein Widerspruch zu den Zielen der Raumordnung besteht (vgl. GP Planwerk GmbH 2022: 8).

Durch die auf Außenstehende teils kompliziert wirkenden Verfahren und Planungsprozesse kann der Eindruck entstehen, dass diese nicht rechtskräftig sind. Auch die Kritik an angeblich ungeklärten Sachverhalten kann in Teilen zurückgewiesen werden, da ein Umweltbericht mit allen notwendigen Gutachten und Untersuchungen angefertigt wurde, welcher keine nennenswerten Umweltauswirkungen attestiert hat. Durch eine Umwandlung der landwirtschaftlichen Flächen in Dauergrünland wird vielmehr eine ökologische Aufwertung der Flächen attestiert, sodass diese sich durch die Nicht-Nutzung regenerieren können.

Die Nutzung von Pflanzenschutz- oder Düngemitteln ist per Festsetzung ausgeschlossen, stattdessen sollen die Flächen neben der Solarnutzung auch für extensive Beweidung verwendet werden. Da die Module in den Boden gerammt werden, kommt es zu keiner Versiegelung und keinem Stoffeintrag in die Böden (vgl. GP Planwerk GmbH 2023: 10 ff.). Weiterhin wird durch die Festlegung von Grünflächen innerhalb des Geltungsbereichs des Bebauungsplans ein ausreichender Puffer zu anderen schutzwürdigen Nutzungen vorgesehen. Dadurch werden die Außenwirkungen des Solarparks minimiert (vgl. GP Planwerk GmbH 2022: 28 f.).

Themen wie die Lärmauswirkungen während der Anlagenerrichtung wurden ebenfalls in der Planung berücksichtigt, es soll daher nur unter der Woche zu üblichen Arbeitszeiten gebaut werden. Zusätzlich wird während der Brutzeit der bedrohten Feldlerche nicht gebaut, sodass diese nicht gestört wird. Auch die Kritik der nicht-berücksichtigten wirtschaftlichen Auswirkungen auf die Kommune kann zurückgewiesen werden. Es sind keine negativen Wirkungen auf den Ortsteil Tempelfelde zu erwarten, vielmehr bieten sich neue ökonomische Möglichkeiten, da lokale Landwirtschaftsbetriebe in die Pflege und Reinigung der Solaranlagen durch Verträge integriert werden sollen (vgl. GP Planwerk GmbH 2022: 34).

Die geäußerte Kritik zeichnet sich in Teilen durch eine emotional aufgeladene Sprache aus. Es wird unter anderem der Vorwurf laut, die Anlage würde den Ort „einkesseln“ oder: „Wo heute noch Wiesen und Felder ruhen, könnte in 5 Jahren eine mehrere Quadratkilometer große Solarkraftanlage stehen“ (vgl. Der Tempelhof GmbH 2024). Die Freiflächenphotovoltaikanlage wird als ein Szenario der Bedrängung wahrgenommen. Auch der Umgang mit den derzeitigen Bodenbesitzer\*innen bestätigt den Eindruck einer emotional geführten Debatte (Finkler 2023).

Die Betrachtung des Falls Tempelfelde zeigt, dass es sich auch bei Freiflächenphotovoltaikanlagen um ein klassisches „NIMBY“-Phänomen („Not in my backyard“) handelt (vgl. Matthiesen 2002: 173). Die Energiewende und eine Elektrifizierung der Infrastruktur und Wirtschaft werden zwar gemeinhin als wichtig erachtet, es sollen jedoch direkt vor Ort keine negativen Einflüsse entstehen. So spricht sich ein Mitglied der Bürgerinitiative sogar für den Solarpark aus, kritisiert aber dessen Lage, da das Mitglied unmittelbar von der Errichtung des Parks betroffen ist (Böldt 2022). Auch das Argument, dass sich die Gemeinde durch vorhandene Windkraftanlagen schon für die Energiewende einsetzt und daher andere Kommunen Solaranlagen errichten sollten, unterstützt diese Annahme (Der Tempelhof GmbH 2024).

Zusammenfassend zeigen sich an diesem Fallbeispiel vor allem die Effekte von verhaltensbedingtem Lock-In und deren Wirkmächtigkeit. In gewisser Weise lässt sich aber auch ein institutioneller Lock-In darin aufzeigen, wie erfolgreich der Widerstand von Teilen der Bevölkerung war. Zwar stehen der institutionellen Seite Regularien und Instrumente für die Planung und Umsetzung solcher Vorhaben zur Verfügung, deren Anwendbarkeit hängt letztlich aber dennoch von individuellen Abwägungsprozessen ab, auf die Einfluss genommen werden kann (und wurde). Rational betrachtet ist man der Gegenseite in vielen Aspekten entgegengekommen, die emotional geführte Debatte ließ sich damit jedoch bislang nicht entschärfen.

## 5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Klimaschutz und Klimawandelvorsorge zählen zu den dringendsten gesellschaftlichen und damit auch raumplanerischen Herausforderungen. Die Einhaltung der Klimaziele und damit zusammenhängend auch der Flächensparziele ist daher von besonderer Bedeutung. Ein wichtiger Aspekt ist die Dekarbonisierung bestehender Systeme und Aktivitäten, um den CO<sub>2</sub>-Ausstoß insgesamt deutlich zu reduzieren. Ansätze der Stadt- und Regionalplanung, die Dekarbonisierung zu unterstützen, sind beispielsweise die Bereitstellung von Flächen für den Ausbau der erneuerbaren Energien, Leitbilder zur kompakten Siedlungsentwicklung oder der klimaresiliente Stadtumbau. Obwohl solche Ideen und Konzepte in der Raumplanung seit vielen Jahren bekannt sind, werden diese in der Umsetzung häufig aufgeweicht oder ziehen sich in die Länge. Die vorliegende Kurzexpertise zeigt auf, dass das Konzept des ‚Carbon Lock-In‘ eine gute Möglichkeit darstellt, die Hintergründe dieser Umsetzungsdefizite theoriegeleitet aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten und zu erklären.

‚Carbon Lock-In‘ beschreibt eine sich selbst erhaltende Trägheit, die durch das auf fossile Brennstoffe basierende Energiesystem erzeugt wird und in der Folge Strategien und Maßnahmen zur Einführung alternativer Energietechnologien hemmt. Es handelt sich somit um eine Art der Pfadabhängigkeit. Die entstehenden Carbon Lock-In Effekte lassen sich in drei Kategorien unterteilen.

- Der **infrastrukturelle und technologische Lock-In** erklärt sich durch die Langlebigkeit der technischen Infrastruktur und die ebenfalls langen Finanzierungszeiträume der Infrastruktur. Diese führen zu einer langfristigen Abhängigkeit gegenüber den Technologien, sodass von diesen nur langsam abgewichen wird.
- Der **institutionelle Lock-In**, also Regeln, Gesetze und Normen, entsteht durch die Entscheidungen von Beteiligten, welche ein Interesse daran haben, den politischen und gesellschaftlichen Status quo zu erhalten.
- Der **verhaltensbedingte Lock-In** ist durch die menschlichen Verhaltensweisen, Werte und Gewohnheiten geprägt. Dabei handelt es sich beispielsweise um die Wahl des eigenen Wohnstandortes oder das individuelle Mobilitätsverhalten. Der verhaltensbedingte Lock-In entsteht durch individuelle Entscheidungen und vorherrschende soziale Strukturen. Individuelle Verhaltensänderungen lassen sich aufgrund des Gewohnheitsdenkens des Menschen häufig nur durch eine Kontextänderung erwirken.

Die verschiedenen Kategorien der Carbon Lock-In-Effekte sind eng miteinander verwoben und wirken sich aufeinander aus. Carbon Lock-Ins zeichnen sich durch ihre Trägheit aus. Gelegenheitsfenster, diese aufzubrechen, ergeben sich unter anderem durch exogene Schocks, die Verhaltensanpassungen erfordern oder erzwingen. So wirkte beispielsweise die Energiekrise infolge des Ukrainekrieges als exogener Schock auf das heimische Energiesystem. Um unabhängiger von russischem Gas zu werden, wurden zahlreiche Maßnahmen zur beschleunigten Dekarbonisierung des Energiesystems angestoßen.

Einen Ansatz für die Dekarbonisierung des Verkehrswesens bietet das Transit-Oriented Development (TOD). Dabei handelt es sich um ein integriertes städtebauliches und verkehrsplanerisches Konzept, welches die Entwicklung urbaner Quartiere mit hoher Dichte entlang von Verkehrsknotenpunkten des schienengebundenen Personennahverkehrs vorsieht. Durch Nutzungsmischung sollen eine kompakte Stadtstruktur und gute Erreichbarkeit gegenüber Alltagszielen erreicht werden. Infolgedessen sollen die täglichen Wege und die Abhängigkeit vom privaten PKW reduziert und die Nutzung des Umweltverbundes sowie das flächensparsame Wohnen gestärkt werden. In der Praxis der Umsetzung des Konzeptes zeigt sich, dass dieses selten idealtypisch umgesetzt wird, sondern häufig eher abgeschwächt als Transit-Adjacent Development (TAD). Gegenüber einer idealtypischen Umsetzung sind die Dichten geringer und dem Pkw wird weiterhin ein hoher Stellenwert eingeräumt (z. B. über großzügige oberirdische Stellplatzflächen). Mobilitätsangeboten des Umweltverbundes abseits des Schienenhaltepunktes wird kaum Aufmerksamkeit geschenkt.

Carbon Lock-In-Effekte in der Umsetzung von TOD sind beispielsweise die fortschreitende Begünstigung der PKW-Nutzung (technologisch), die fehlende Zusammenarbeit zwischen den an der Umsetzung Beteiligten (institutionell) oder die fehlende Akzeptanz für TOD-Projekte in der Bevölkerung (verhaltensbedingt).

Einige der beschriebenen Lock-In-Effekte lassen sich am Beispiel des städtebaulichen Projekts "Neue Bahnstadt Opladen" aufzeigen. Hierbei handelt es sich um ein neu geplantes Bahnhofsquartier in der Stadt Leverkusen. Dabei wurde vorgesehen, eine Teilfläche mit einer hohen Bebauungsdichte zu entwickeln, während die andere Teilfläche des Quartiers durch eine Einfamilienhausstruktur mit geringer baulicher Dichte geprägt ist. Alternative Entwürfe, die im städtebaulichen Wettbewerb eingereicht und betrachtet wurden zeigten, dass auch deutlich höhere bauliche Dichten möglich gewesen wären, welche die Bildung einer kompakteren städtebaulichen Struktur ermöglicht hätten. Gleichzeitig wurden zahlreiche PKW-Stellplätze sowohl auf Privatgrundstücken als auch im öffentlichen Raum realisiert, welche die PKW-Nutzung weiter begünstigen. Mögliche Hemmnisse und Lock-In-Effekte können in diesem Beispiel unter anderem die vorherrschende Planungskultur und auch Stellplatzsatzungen sein. Insgesamt zeigt sich ein modernes Quartier mit vielen interessanten Ansatzpunkten, das auf den ersten Blick jedoch hinter dem Potenzial der Fläche zurückbleibt, wenn es um die Nutzung der vorhandenen guten Anbindung zur Schaffung dichter, Nutzungsgemischter Quartiere und die Stärkung des Umweltverbands gegenüber dem MIV geht.

Der Ausbau von erneuerbaren Energien ist ebenfalls ein essenzieller Teil der Dekarbonisierung. Durch den Einsatz erneuerbarer Energien, beispielsweise der Photovoltaik oder der Windkraft, kann die Nutzung von fossilen Brennstoffen und damit auch der Ausstoß an Treibhausgasen reduziert werden. Eine zentrale Rolle übernimmt hier die Freiflächenphotovoltaik. Diese ermöglicht die Energieproduktion, während die Flächen zusätzlich auch durch die Flora und Fauna genutzt werden können. Entgegen der Erwartung, dass die ökologische Qualität der genutzten Flächen abnehmen könnte, findet je nach Flächenqualität eine ökologische Aufwertung statt. Bei der Freiflächenphotovoltaik kommt es zu keiner Bodenversiegelung, weiterhin werden die Bodenflächen verschattet, sodass Tiere und Pflanzen vor einer zu starken Sonneneinstrahlung geschützt werden. Die Technologien für die Dekarbonisierung des Energiesektors sind im Produktionsbereich schon vorhanden, scheitern aber an unterschiedlichen Herausforderungen. Mögliche Lock-In-Effekte sind hier unter anderem Engpässe im Übertragungsnetz (technologisch), die hohe Komplexität von Planungsverfahren (institutionell) oder die fehlende Akzeptanz in der Bevölkerung (verhaltensbedingt).

Vor allem die Suche nach Flächen für erneuerbare Energien gestaltet sich als Herausforderung, wie das zweite in der Kurzexpertise untersuchte Fallbeispiel verdeutlicht. In der ca. 1000 Einwohner starken ländlichen Gemeinde Tempelfelde (Brandenburg) sollte ursprünglich eine Freiflächenphotovoltaikanlage (FPV) mit einer Größe von 225 Hektar errichtet werden. Nachdem die FPV bereits geplant wurde, scheiterte das Projekt in seiner ursprünglichen Form in der Gemeindevertretung. Aufgrund des Drucks aus einer Bürgerinitiative wurde das Projekt verkleinert und die Bauphase verlängerte sich. Die Bürgerinitiative äußerte diverse Kritikpunkte, unter anderem fühlte sie sich nicht ausreichend über Planungsprozesse informiert, gleichzeitig seien diverse ökologische Fragen nicht ausreichend betrachtet worden. Während einige Kritikpunkte durchaus fachlicher Natur waren, offenbarte sich das Handeln und die Sprache der Bürgerinitiative als stark emotionalisiert. Durch das Misstrauen aus Teilen der Bevölkerung wurden der Bau der Anlage und damit auch die umweltfreundliche Produktion des Stroms verzögert. Es gilt daher, alle Betroffenen möglichst früh zu informieren, aufzuklären und auch an Entscheidungen zu beteiligen, um die Akzeptanz für neue Projekte zu stärken. Wird dies nicht getan, wirkt der verhaltensbedingte Lock-In und es bleibt vorerst bei dem Status quo.

Die Betrachtung des Carbon Lock-In-Prinzips anhand der Beispiele des TOD und des Ausbaus der erneuerbaren Energien zeigt, dass Konzepte zur Dekarbonisierung zwar bereits bekannt sind, aber in der Praxis nicht konsequent umgesetzt werden. Aufgrund ihres begrenzten Umfangs konnte diese

Kurzexpertise methodisch lediglich literatur- und dokumentenbasiert arbeiten. In Bezug auf die dargestellten Fallbeispiele „Neue Bahnstadt Opladen“ und „FPV Tempelfelde“ kann dies jedoch lediglich den Startpunkt für die genauere Betrachtung darstellen. Die Gründe und Restriktionen, die zu konkreten Planungsentscheidungen führen, standen hier nicht im Fokus und müssten, auch um konkrete Lösungen für die Fallbeispiele entwickeln zu können, zum Beispiel in vertiefenden Interviews mit den Planungsbeteiligten eruiert werden. Die Stärke der theoriegeleiteten Analyse auf Basis des Konzeptes des Carbon Lock-In liegt hingegen darin, aus verschiedenen Blickwinkeln Erklärungsansätze zu liefern, warum planerische Konzepte nicht idealtypisch umgesetzt werden (können). Die drei Ansätze, des infrastrukturellen, institutionellen und des verhaltensbedingten Lock-Ins bieten dabei eine gute Möglichkeit, um bestehende Hemmnisse einzuordnen und dadurch besser zu verstehen. Die Ergebnisse der Kurzexpertise helfen damit ein Problembewusstsein dafür zu schaffen, wie der gesellschaftliche ‚Carbon Lock-In‘ die räumliche Planung beeinflusst. Auch Goldstein et al. 2023 weisen darauf hin, dass besonders bei überlagernden Lock-In-Phänomenen eine Analyse häufig keinen direkten Ausweg aufzeigen kann, sehr wohl aber wichtige Hinweise auf Ansatzpunkte und konkrete Herausforderungen liefert, die es anzugehen gilt (vgl. ebd.: 13).

Bei der für diese Studie genutzten Kategorisierung von ‚Carbon Lock-In‘-Effekten nach infrastrukturell/technologischem, institutionellem und verhaltensbedingtem Lock-In ließen sich einige der in der Literatur beschriebenen Hemmnisse sehr gut in die Kategorien einordnen, vielfach trafen jedoch auch mehrere Kategorien auf ein Hemmnis zu, was die in der ‚Carbon Lock-In‘-Literatur beschriebene große Schnittmenge bestärkt. Die Komplexität der zugrundeliegenden Lock-In-Effekte und die Überschneidung der daraus resultierenden Restriktionen kann hier aufzeigen, dass nicht nur in der Entstehung der beschriebenen Hemmnisse, sondern auch in den Ansätzen zu ihrer Lösung technologische, institutionelle und verhaltensbedingte Faktoren zusammen gedacht werden sollten. Dabei wird deutlich, dass die ungenutzten Potenziale planerischer Konzepte und Instrumente zur Dekarbonisierung nur teilweise auf „Umsetzungsdefizite“ der Planung zurückzuführen sind. Viele der aufgezeigten Hemmnisse und Lock-In-Effekte liegen außerhalb der Zuständigkeit der räumlichen Planung. Sie liegen vielmehr in den Interdependenzen innerhalb des komplexen sozial-ökologischen Systems, wie sich beispielsweise an der gleichzeitigen Orientierung an den Bedürfnissen des Umweltverbundes und des MIV an TOD-Standorten erkennen lässt. Letztere ist nicht in erster Linie auf „die Planung“, sondern beispielsweise auf MIV-orientierte technische Regelwerke sowie den „bedarfsgerechten“ Ansatz zum Ausbau des ÖPNV in Deutschland zurückzuführen. Um systemisch bedingte ‚Carbon Lock-In‘-Effekte, die die Raumentwicklung betreffen, aufzubrechen, müssen daher auch Lösungen systemisch gedacht werden und beispielsweise auch an solchen Regelwerken oder auch finanziellen (Fehl-)Anreizen für die Nutzung des MIV ansetzen.

## 6 Literaturverzeichnis

- Agentur für Erneuerbare Energien, 2023: Erneuerbare Energien in Deutschland: Zwischen Akzeptanz und Unsicherheit. Zugriff: <https://www.unendlich-viel-energie.de/presse/pressemitteilungen/erneuerbare-energien-in-deutschland-zwischen-akzeptanz-und-unsicherheit> [abgerufen am 19.01.2024].
- Ahnen&Enkel PartG, 2022: Solarpark Tempelfelde im Sinne der Gemeinde angepasst. Berlin. Zugriff: <https://www.ahnenenkel.com/solarpark-tempelfelde-im-sinne-der-gemeinde-angepasst/> [abgerufen am 08.03.2024].
- Amt Biesenthal - Barnim, 2021: Beschlussvorlage Sydower Fließ 48/2021. Zugriff: [https://amt-biesenthal-barnim.ratsinfomanagement.net/vorgang/?\\_\\_=UGhVM0hpd2NXNFdFcExjZUchW9x5IhhJMaPvPCVegWU](https://amt-biesenthal-barnim.ratsinfomanagement.net/vorgang/?__=UGhVM0hpd2NXNFdFcExjZUchW9x5IhhJMaPvPCVegWU) [abgerufen am 18.09.2024].
- Amt Biesenthal - Barnim, 2022: Beschlussvorlage Sydower Fließ 17/2022. Zugriff: [https://amt-biesenthal-barnim.ratsinfomanagement.net/vorgang/?\\_\\_=UGhVM0hpd2NXNFdFcExjZYBIYU\\_pxwehxaOmCABLeDw](https://amt-biesenthal-barnim.ratsinfomanagement.net/vorgang/?__=UGhVM0hpd2NXNFdFcExjZYBIYU_pxwehxaOmCABLeDw) [abgerufen am 18.09.2024].
- Amt Biesenthal - Barnim, 2024a: Beschlussvorlage Sydower Fließ: 8/2024. Zugriff: [https://amt-biesenthal-barnim.ratsinfomanagement.net/vorgang/?\\_\\_=UGhVM0hpd2NXNFdFcExjZbk4TkJNnepEhMzPQ8JQKQo](https://amt-biesenthal-barnim.ratsinfomanagement.net/vorgang/?__=UGhVM0hpd2NXNFdFcExjZbk4TkJNnepEhMzPQ8JQKQo) [abgerufen am 18.09.2024].
- Amt Biesenthal - Barnim, 2024b: Gemeinde Sydower Fließ. Zugriff: <https://www.amt-biesenthal-barnim.de/gemeinde-sydower-fluess> [abgerufen am 08.03.2024].
- Amt Biesenthal - Barnim, 2024c: Ratsinformationsmanagement. Zugriff: [https://amt-biesenthal-barnim.ratsinfomanagement.net/diverses/downloads/1?\\_\\_=UGhVM0hpd2NXNFdFcExjZbOcfK43XSNhoz\\_mZU6ULTg](https://amt-biesenthal-barnim.ratsinfomanagement.net/diverses/downloads/1?__=UGhVM0hpd2NXNFdFcExjZbOcfK43XSNhoz_mZU6ULTg) [abgerufen am 07.10.2024].
- ARL – Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft, 2024: Große Transformation und nachhaltige Raumentwicklung machen. Impulse zur Umsetzung in der regionalen und kommunalen Praxis. Positionspapier aus der ARL, 148. Hannover.
- ASTOC ARCHITECTS AND PLANNERS GmbH mit URBAN CATALYST Landschaftsarchitektur und ARGUS Stadt und Verkehr, 2006: Leverkusen - Masterplanung Neue Bahnstadt Opladen, dritter Platz.
- Böldt, D., 2022: Energiewende? Nicht auf meiner Koppel. Zugriff: <https://taz.de/Streit-um-Solar-park/15855545/> [abgerufen am 27.07.2024].
- Bolleter, J.; Ramalho, C., 2020: Transit-Oriented Development (TOD) and Its Problems. Zugriff: [https://www.researchgate.net/publication/336033524\\_Transit-Oriented\\_Development\\_TOD\\_and\\_Its\\_Problems](https://www.researchgate.net/publication/336033524_Transit-Oriented_Development_TOD_and_Its_Problems) [abgerufen am 20.03.2023].
- Bundesregierung, 2022: Entwurf eines Gesetzes zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor. Drucksache. Berlin. Zugriff: <https://dserver.bundestag.de/btd/20/016/2001630.pdf>.
- Bundesregierung, 2023: Baugesetzbuch. §8 Zweck des Bebauungsplans. Zugriff: [https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/\\_\\_8.html](https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/__8.html) [abgerufen am 20.09.2024].
- Bundesstiftung Baukultur (Hrsg.), 2018: Besser Bauen in der Mitte. Ein Handbuch zur Innenentwicklung. Potsdam.
- büro stadtVerkehr, 2021: Transit-Oriented Development als Planungsprinzip. Hilden. Zugriff: - <https://www.buero-stadtverkehr.de/mobilab/transit-oriented-development.html> [abgerufen am 20.03.2023].
- Calthorpe, P., 1993: The Next American Metropolis. Ecology, Community, and the American Dream. New York.
- Cervero, R.; Arrington, G. B., 2008: Vehicle Trip Reduction Impacts of Transit-Oriented Housing. Journal of Public Transportation, (11): 1–17. Zugriff: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1077291X22002764> [abgerufen am 06.02.2024].
- Cornetto, G., 2020: Transit-Oriented development in european spatial governance and planning systems. Master Thesis. Turin, Politecnico di Torino.

- Der Tempelhof GmbH, 2024: Einer der Größten Solarparks von Deutschland geplant. Bürger der Gemeinde wurden vorab nicht informiert. Barnimer Aktionsbündnis demonstriert gegen Aufstellungsbeschluss. Zugriff: <https://www.solarpark-tempelfelde.de/index.php> [abgerufen am 08.03.2024].
- Diller, C.; Eichhorn, S., 2021: Transit-Oriented Development. Eine internationale Literaturlauswertung. *pnd - rethinking planning*, (2/2021): 164–185. Zugriff: <https://www.planung-neu-denken.de/2-2021-digital-citymakers/transit-oriented-development/> [abgerufen am 20.03.2023].
- DIW – Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, 2021: Schluss mit den gigantischen Subventionen für Kohle, Öl und Gas. Zugriff: [https://www.diw.de/de/diw\\_01.c.827737.de/nachrichten/schluss\\_mit\\_den\\_gigantischen\\_subventionen\\_fuer\\_kohle\\_oel\\_und\\_gas.html](https://www.diw.de/de/diw_01.c.827737.de/nachrichten/schluss_mit_den_gigantischen_subventionen_fuer_kohle_oel_und_gas.html).
- Einig, K.; Knieling, J.; Mattern, S.; Panebianco, S.; Schmidt-Kaden, P. I.; Trinemeier, C.; Wernig, R.; Zeck, H., 2022: Regionalplanung für einen raumverträglichen Ausbau von Freiflächen-Photovoltaikanlagen (FPV). Positionspapier aus der ARL, Bd. 134. Hannover.
- Ewing, R.; Cervero, R., 2010: Travel and the Built Environment. A Meta-Analysis. *Journal of the American Planning Association*, (Volume 76): 265–294. Zugriff: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01944361003766766?needAccess=true> [abgerufen am 02.05.2024].
- Falkenberg, H.; Buchert, M.; Krampe, L.; Sutter, J.; Lambert, J.; Lübbers, S.; Lühr, O.; Sandhövel, M., 2019: Rohstoffbedarf im Bereich der erneuerbaren Energien. Zugriff: <https://d-eiti.de/wp-content/uploads/2020/02/Rohstoffbedarf-im-Bereich-der-erneuerbaren-Energien.Langfassung.pdf> [abgerufen am 15.01.2024].
- Finkler, V., 2023: Anfeindungen wegen Solar-Acker: Bauer berichtet von Anschlügen. Zugriff: [https://e-fahrer.chip.de/news/anfeindungen-wegen-solar-acker-bauer-berichtet-von-anschlaegen\\_1014989](https://e-fahrer.chip.de/news/anfeindungen-wegen-solar-acker-bauer-berichtet-von-anschlaegen_1014989) [abgerufen am 08.03.2024].
- Flecken, J., 2020: Kritische Betrachtung des Referentenentwurfs zum Erneuerbaren-Energien-Gesetz 2021 im Hinblick auf die Stromerzeugung aus Photovoltaik. *Natur und Recht*, (42): 833–840. Zugriff: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10357-020-3774-2> [abgerufen am 28.07.2023].
- Fleischhauer, M., 2018: Klimaschutz. In: ARL (Hrsg.): Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung. 2018. Auflage. Hannover: 1113–1125.
- Gerhards, B.-C., 2022: Das Prestigeprojekt Kesselhaus kämpft mit Verzögerungen. Zugriff: <https://www.ksta.de/region/leverkusen/stadt-leverkusen/neue-bahnstadt-opladen-das-prestige-projekt-kesselhaus-kaempft-mit-verzoegerungen-356197> [abgerufen am 08.03.2024].
- Goldstein, J. E.; Neimark, B.; Garvey, B.; Phelps, J., 2023: Unlocking “lock-in” and path dependency: A review across disciplines and socio-environmental contexts. *World development*, 161. Jg. (4): 106116.
- GP Planwerk GmbH, 2022: Vorentwurf, Begründung: Bebauungsplan "Photovoltaik-Freiflächenanlage Tempelfelde". Zugriff: [https://www.amt-biesenthal-barnim.de/ris/instanz\\_7/index.htm](https://www.amt-biesenthal-barnim.de/ris/instanz_7/index.htm) [abgerufen am 08.03.2024].
- GP Planwerk GmbH, 2023: Begründung: 3. Änderung des Flächennutzungsplans im Parallelverfahren in Zusammenhang mit der Aufstellung des Bebauungsplans "Photovoltaik-Freiflächenanlage Tempelfelde". Berlin. Zugriff: <https://www.amt-biesenthal-barnim.de/bauleitplanung> [abgerufen am 08.03.2024].
- GREENBOX LANDSCHAFTSARCHITEKTEN Partnerschaftsgesellschaft mbB, 2024: Neue Bahnstadt Opladen. Zugriff: <https://greenbox.la/neue-bahnstadt-opladen/> [abgerufen am 07.10.2024].
- Günnewig, D.; Johannwerner, E.; Kelm, T.; Metzger, J.; Wegner, N., 2022: Anpassung der Flächenkulisse für PV-Freiflächenanlagen im EEG vor dem Hintergrund erhöhter Zubauziele. Notwendigkeit und mögliche Umsetzungsoptionen. 2022. Auflage. Texte / Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. Zugriff: <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:3:2-893683>.
- Hale, C., 2014: TOD versus TAD: The great debate resolved...(?). *Planning Practice & Research*, (29(5)): 492–507. Zugriff: [https://www.researchgate.net/publication/269285677\\_TOD\\_Versus\\_TAD\\_The\\_Great\\_Debate\\_Resolved](https://www.researchgate.net/publication/269285677_TOD_Versus_TAD_The_Great_Debate_Resolved) [abgerufen am 06.02.2024].
- Hölscher, C., 2023: Beschleunigter Solarausbau stößt auf Widerstand. Berlin. Zugriff: <https://www.rbb24.de/politik/beitrag/2023/05/energiewende-brandenburg-widerstand-solar-parks.html> [abgerufen am 08.03.2024].

- Hrelja, R.; Olsson, L.; Pettersson-Löfstedt, F.; Rye, T., 2022: Challenges of delivering TOD in low-density contexts: the Swedish experience of barriers and enablers. *European Transport Research Review*, 20 (2022). Zugriff: <https://etr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-022-00546-1> [abgerufen am 20.03.2023].
- Intraplan Consult GmbH; Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart GmbH, 2023: Standardisierte Bewertung von Verkehrsweeinvestitionen im öffentlichen Personennahverkehr. Version 2016+. Zugriff: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjbg-quBsOKEAxVhv0HHTc3AYsQFnoECBIQAQ&url=https%3A%2F%2Fbmdv.bund.de%2FShared-Docs%2FDE%2FAnlage%2FE%2Fstandardisierte-bewertung-2016plus-verfahrensanleitung.pdf%3F\\_\\_blob%3DpublicationFile&usg=AOvVaw2J\\_fqQgiNTf-0sOPqz5wsl&opi=89978449](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjbg-quBsOKEAxVhv0HHTc3AYsQFnoECBIQAQ&url=https%3A%2F%2Fbmdv.bund.de%2FShared-Docs%2FDE%2FAnlage%2FE%2Fstandardisierte-bewertung-2016plus-verfahrensanleitung.pdf%3F__blob%3DpublicationFile&usg=AOvVaw2J_fqQgiNTf-0sOPqz5wsl&opi=89978449) [abgerufen am 07.03.2024].
- Käding, T., 2023: Neue Bahnstadt: Opladener Wohnungsgenossenschaft ist pleite. Köln. Zugriff: <https://www.ksta.de/region/leverkusen/stadt-leverkusen/neue-bahnstadt-opladener-wohnungsgenossenschaft-ist-pleite-579418> [abgerufen am 07.03.2024].
- Kossak, A., 2020: Nahverkehrsorientierte Siedlungsentwicklung. Einblicke in die US-amerikanische Diskussion und Lehren für Deutschland. *Der Nahverkehr*, (7-8): 54–59.
- Lenz, B., 2018: Mobilität. Hannover. Zugriff: <https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/HWB%202018/Mobilit%C3%A4t.pdf> [abgerufen am 20.09.2024].
- Matthiesen, U., 2002: NIMBY und LULU am Stadtrand. Bürgergesellschaftliche Streitformen um lokale Raumnutzungen und Raumkodierungen im engeren Verflechtungsraum. Zugriff: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-322-92261-8\\_13](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-322-92261-8_13) [abgerufen am 08.03.2024].
- Müller, B.; Dieckmann, R., 2022: Was ist grüner: ein Acker oder ein Solarfeld? Konflikte um Photovoltaik-Anlagen. Frankfurt. Zugriff: <https://www.hessenschau.de/wirtschaft/konflikte-um-photovoltaik-anlagen--was-ist-gruener-ein-acker-oder-ein-solarfeld,solarparks-landwirtschaft-energie-wende-100.html> [abgerufen am 29.07.2023].
- Münter, A.; Osterhage, F., 2018: Konzepte der Raumordnung. Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung. Hannover. Zugriff: <https://www.arl-net.de/de/shop/planungskonzepte-prozesse/handwoerterbuch-stadt-raumentwicklung.html> [abgerufen am 02.05.2024].
- neue bahnstadt opladen GmbH, 2024: Die neue Bahnstadt verbindet. Zugriff: <https://www.neue-bahnstadt-opladen.de/> [abgerufen am 08.03.2024].
- Norddeutscher Rundfunk, 2024: Heizungsgesetz tritt 2024 in Kraft: Was ändert sich? Hamburg. Zugriff: <https://www.ndr.de/ratgeber/verbraucher/Heizungsgesetz-tritt-2024-in-Kraft-Was-aendert-sich,geg102.html> [abgerufen am 07.03.2024].
- Notus energy Plan GmbH & Co. KG, 2024: Solarpark Tempelfelde. Zugriff: <https://solarenergie-tempelfelde.de/> [abgerufen am 08.03.2024].
- Otto, J.; Wegner, N., 2023: Diskussionspapier: Weiterentwicklung der Außenbereichprivilegierung von PV-Freiflächenanlagen. Würzburger Berichte zum Umweltenergierecht, 56.
- Priebs, A., 2020: Qualifizierung von Stadtrand und Suburbia durch schienengebundenen Nahverkehr. Zugriff: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-30750-9\\_8](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-30750-9_8) [abgerufen am 06.02.2024].
- Randelhoff, M., 2018: ÖPNV-orientierte Siedlungsentwicklung: Transit Oriented Development (TOD) vs. Transit Adjacent Development (TAD). Dortmund. Zugriff: <https://www.zukunft-mobilitaet.net/166082/analyse/oepnv-orientierte-siedlungsentwicklung-transit-oriented-development-tod-vs-transit-adjacent-development-tad/> [abgerufen am 20.03.2023].
- Seht, H. von, 2022: Ausbau der Freiflächen-Photovoltaik. Unterstützungs- und Steuerungsmöglichkeiten der Bundesraumordnung und Landesplanung. *Raumforschung und Raumordnung*, (81/2): 188–202. Zugriff: [https://www.researchgate.net/publication/366084543\\_Ausbau\\_der\\_Freiflaechen-Photovoltaik\\_Unterstuutzungs-\\_und\\_Steuerungsmoeglichkeiten\\_der\\_Bundesraumordnung\\_und\\_Landesplanung](https://www.researchgate.net/publication/366084543_Ausbau_der_Freiflaechen-Photovoltaik_Unterstuutzungs-_und_Steuerungsmoeglichkeiten_der_Bundesraumordnung_und_Landesplanung) [abgerufen am 29.07.2023].
- Seto, K. C.; Davis, S. J.; Mitchell, R. B.; Stokes, E. C.; Unruh, G.; Ürge-Vorsatz, D., 2016: Carbon Lock-In: Types, Causes, and Policy Implications. *Annual Review of Environment and Resources*, 41. Jg. (1):



- 425–452. Zugriff: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-environ-110615-085934> [abgerufen am 07.02.2022].
- Siedentop, S., 2021: Keyspeach "Gemeinsames Proben und Handeln für eine nachhaltige Raumentwicklung". "25 Jahre MORO" Diskussionsforum Raumentwicklung 2021. Berlin.
- Thomas, R.; Bertolini, L., 2020: Transit-Oriented Development. Learning from International Case Studies. Cham.
- Thomas, R.; Pojani, D.; Lenferink, S.; Bertolini, L.; Stead, D.; van der Krabben, E., 2018: Is transit-oriented development (TOD) an internationally transferable policy concept? *Regional Studies*, (52:9): 1201–1213. Zugriff: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi7trKXwob-AhV3iv0HHY5\\_DAEQFnoECAkQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.tandfonline.com%2Fdoi%2Fpdf%2F10.1080%2F00343404.2018.1428740&usg=AOvVaw09T03jKDymHfMVo9GeJzr](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi7trKXwob-AhV3iv0HHY5_DAEQFnoECAkQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.tandfonline.com%2Fdoi%2Fpdf%2F10.1080%2F00343404.2018.1428740&usg=AOvVaw09T03jKDymHfMVo9GeJzr) [abgerufen am 31.03.2023].
- UBA – Umweltbundesamt, 2023: Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Zugriff: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/photovoltaik/photovoltaik-freiflaechen-anlagen#flacheninanspruchnahme-durch-photovoltaik-freiflaechenanlagen> [abgerufen am 07.03.2024].
- UBA – Umweltbundesamt, 2023: Treibhausgasminderungsziele Deutschlands. Zugriff: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgasminderungsziele-deutschlands#internationale-vereinbarungen-weisen-den-weg>.
- Unruh, G. C., 2000: Understanding carbon lock-in. *Energy Policy*, 28. Jg. (12): 817–830.
- Wagner, S., 2013: Photovoltaik und Biomasse – Status quo, Standortsteuerung und Perspektiven aus der Sicht von Landesplanung und -entwicklung. Zugriff: <https://www.economist.eu/handle/10419/102881> [abgerufen am 28.07.2023].
- wettbewerbe aktuell, 2006: neue bahn stadt :opladen. Zugriff: <https://www.wettbewerbe-aktuell.de/ergebnis/neue-bahn-stadt-opladen-14029#resultInfo> [abgerufen am 08.03.2024].
- Wirth, H., 2023: Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Zugriff: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>, Fassung vom 20.12.2023.
- Zimmer, W.; Blanck, R.; Bergmann, T.; Mottschall, M.; Waldenfels, R. von; Cyganski, R.; Wolfermann, A.; Winkler, C.; Heinrichs, M.; Dünnebeil, F.; Fehrenbach, H.; Kämper, C.; Biemann, K.; Kräck, J.; Peter, M.; Zandonella, R.; Bertschmann, D., 2016: Endbericht RENEWBILITY III. Optionen einer Dekarbonisierung des Verkehrssektors. Berlin. Zugriff: [https://elib.dlr.de/109486/1/\\_\\_bafiler1\\_VF-BA\\_VF\\_Server\\_neu\\_Projekte\\_PJ\\_laufend\\_RNB3\\_2-Ergebnisse\\_21-Berichte\\_Renewbility-III\\_Endbericht.pdf](https://elib.dlr.de/109486/1/__bafiler1_VF-BA_VF_Server_neu_Projekte_PJ_laufend_RNB3_2-Ergebnisse_21-Berichte_Renewbility-III_Endbericht.pdf).

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: 'Carbon Lock-In' in der Raumentwicklung.....	5
Abbildung 2: TAD vs. TOD.....	10
Abbildung 3: Gewinnerentwurf für die Neue Bahnstadt Opladen .....	14
Abbildung 4: Planungen für die Westseite des Areals .....	15
Abbildung 5: Alternativer Entwurf für die Ostseite .....	16
Abbildung 6: Zustimmung zu EE-Anlagen in der Umgebung des eigenen Wohnorts.....	21
Abbildung 7: Erster Entwurf für den Solarpark.....	22
Abbildung 8: Erster Entwurf 2021 .....	23
Abbildung 9: Aktueller Entwurf Westseite .....	23
Abbildung 10: Aktueller Entwurf Ostseite.....	23