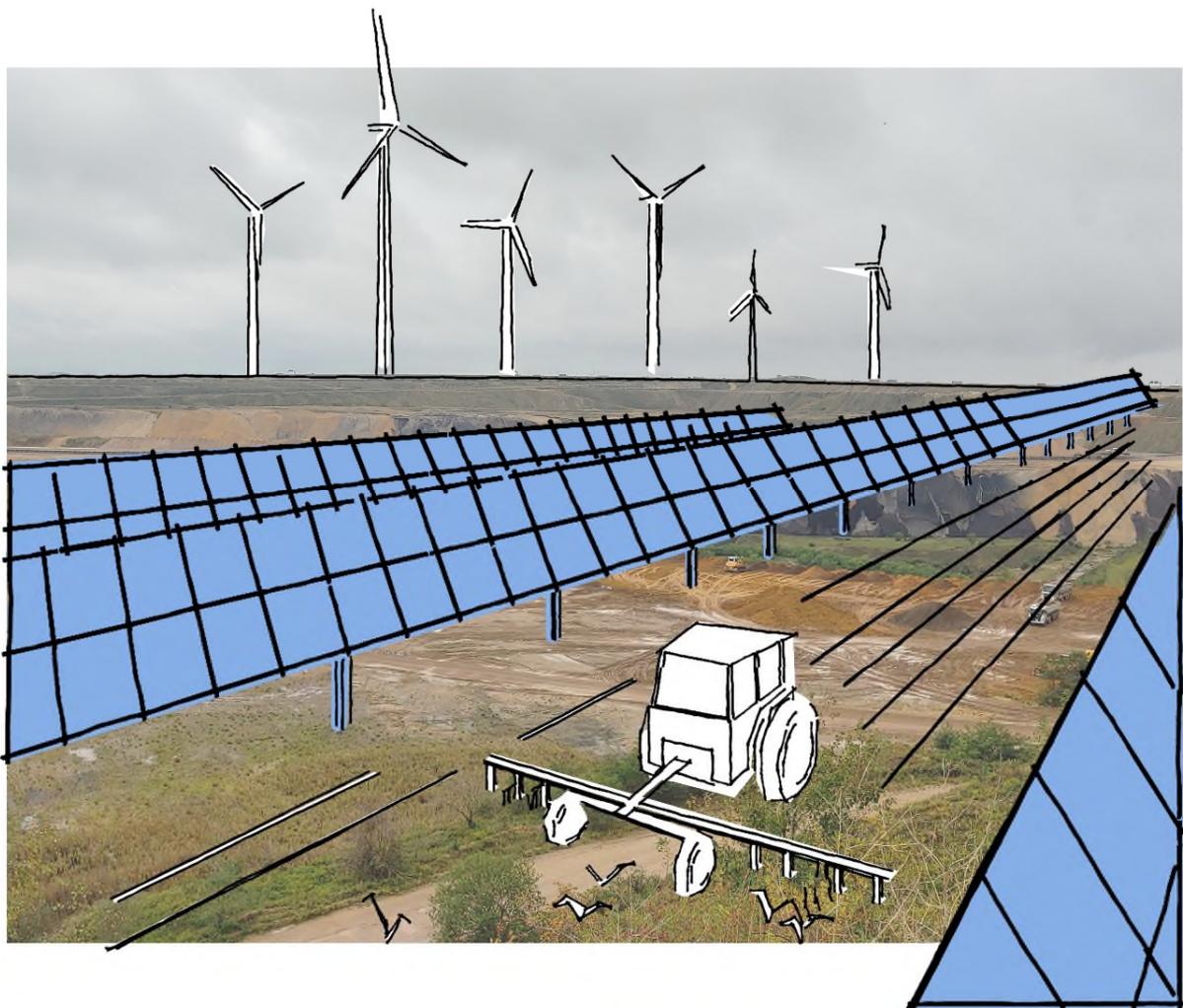


Konzeptstudie

# Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen



Erkelenz und Jüchen, Juni 2021

Zweckverband LANDFOLGE Garzweiler  
In Kuckum 68a  
41812 Erkelenz, Kreis Heinsberg

[info@landfolge.de](mailto:info@landfolge.de)  
02164 / 703660



#### Kooperations- / Verbundpartner

Technische Hochschule Köln  
Gustav-Heinemann-Ufer 54  
50968 Köln

**Technology  
Arts Sciences  
TH Köln**

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH  
Döppersberg 19  
42103 Wuppertal



#### in Zusammenarbeit mit

Jung Stadtkonzepte Stadtplaner & Ingenieure  
Partnerschaftsgesellschaft  
Kaiser-Wilhelm-Ring 34  
50672 Köln

**Jung Stadtkonzepte**

gefördert durch das

**Ministerium für Wirtschaft, Innovation,  
Digitalisierung und Energie  
des Landes Nordrhein-Westfalen**



# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Hintergrund – Der Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen als zukunftsweisendes Projekt im Rheinischen Strukturwandel .....	6
1.1	Rahmenbedingungen im Rheinischen Revier .....	6
1.2	Einordnung des Projekts „Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen“ .....	8
1.3	Zielstellung .....	10
2	Methodik und Vorgehensweise .....	13
3	Klärung des Innovationsbegriffs.....	15
3.1	Innovationen.....	15
3.2	Soziale Innovationen .....	15
4	Analyse des Projektgebiets .....	17
4.1	Räumliche Analyse .....	17
4.1.1	Bestand und Planung .....	17
4.1.2	Restriktionen .....	20
4.1.3	Potenziale .....	24
4.2	Szenarien .....	29
4.2.1	Wind-Szenario .....	29
4.2.2	EE-Mix Trend-Szenario .....	31
4.2.3	EE-Mix Maximal-Szenario .....	33
4.3	Stakeholderanalyse .....	35
4.3.1	Grundlagenanalyse und Akteure ermitteln .....	35
4.3.2	Perspektiven und Visionen ermitteln .....	38
4.3.3	Evaluierung und Weiterentwicklung von Projektideen .....	40
4.4	Energetische Analyse .....	41
4.4.1	Erzeugung im Projektgebiet .....	41
4.4.2	Energienachfrage im Projektgebiet .....	42
5	Konzept und Teilprojekte .....	47
5.1	Energielandschaft.....	49
5.1.1	Windenergie.....	50
5.1.2	Agri-Photovoltaik.....	51
5.1.3	Photovoltaik auf Kranstellflächen.....	52
5.1.4	Gesamtpotenzial .....	54
5.1.5	Rahmenbedingungen .....	54
5.2	Solarautobahn.....	56

5.2.1	Lärmschutzwände – A46 .....	56
5.2.2	Windschutzwände – A44n.....	57
5.2.3	Randstreifen Freiflächenphotovoltaik.....	57
5.2.4	Gesamtpotenzial .....	58
5.3	Energiesystem Gewerbe- und Industriegebiet „Elsbachtal“.....	58
5.3.1	Photovoltaik in Kombination mit Großbatteriespeicher.....	59
5.3.2	Wärmeversorgung.....	60
5.3.3	Mobilitätshub Strom & Wasserstoff .....	61
5.3.4	Geschäfts- und Betreibermodelle .....	61
5.3.5	Rahmenbedingungen .....	62
5.4	Autohof der Zukunft - Green Energy Hub .....	62
5.5	Energiekonzept Stadtentwicklung Jüchen Süd .....	63
5.6	Zusammenführung der Teilprojekte zu einem zusammenhängenden Energiesystem	65
6	Strategie und weitere Umsetzung.....	67
7	Fazit .....	69
	Literaturverzeichnis .....	LXXI

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Stromerzeugung und -bedarf im RR im Jahresverlauf [2] .....	7
Abbildung 2: „Drehbuch zur Tagebaufolge(n)landschaft Garzweiler“ 2016 .....	9
Abbildung 3: Integrierte Mixed Used Landscape Tagebau Garzweiler (Quelle: KCAP/ZV Garzweiler) .....	10
Abbildung 4: Räumliche Einordnung des Projektgebietes [4] [5] .....	12
Abbildung 5: Vorgehensweise und Arbeitsschritte .....	13
Abbildung 6: Luftaufnahme des Projektgebietes .....	17
Abbildung 7: Projektgebiet mit vorhandenen und geplanten zukünftigen Nutzungsbelegungen [12]–[18] .....	19
Abbildung 8: Blick in den Tagebau Garzweiler .....	22
Abbildung 9: Restriktionen im Projektgebiet [12]–[18], [23], [25], [30], [31] .....	23
Abbildung 10: Potenzialflächen im Projektgebiet [12]–[14], [26], [30] .....	26
Abbildung 11: Darstellung der Flächenverfügbarkeit [12], [26], [30] .....	28
Abbildung 12: Wind-Szenario [12], [13], [30] .....	30
Abbildung 13: EE-Mix Trend Szenario [12], [13], [30] .....	32
Abbildung 14: EE-Mix Maximal-Szenario [12], [13], [30] .....	34
Abbildung 15: Elemente einer Konstellationsanalyse [32] .....	37
Abbildung 16: Auszug aus der Konstellationsanalyse .....	37
Abbildung 17: Akteursentwicklung .....	40
Abbildung 18: Strombedarf in den Kommunen des Zweckverbandes (Stand 2017) [33] .....	43
Abbildung 19: Energiebedarf Jüchen Süd nach Sektoren .....	46
Abbildung 20: Konzept und Teilprojekte im Plangebiet [12]–[14], [30] .....	48
Abbildung 21: APV Konzepte .....	51
Abbildung 22: Flächenspezifischer Jahresertrag vertikaler APV-Anlagen in Abhängigkeit von Reihenabstand und Anzahl der Modulreihen .....	52
Abbildung 23: PV Anlage auf der Kranstellfläche einer Windenergieanlage der Firma Westfalenwind .....	53
Abbildung 24: Erzeugung durch die Energielandschaft im Jahresverlauf .....	54
Abbildung 25: Lärmschutzwand mit PV Modulen in Neuötting .....	56
Abbildung 26: Schema Aufbau Windschutzwände .....	57
Abbildung 27: Erzeugung der Solarautobahn im Jahresverlauf .....	58
Abbildung 28: Eigenverbrauch und Autarkie in Abhängigkeit von der Speichergroße des möglichen Quartiersspeichers .....	60
Abbildung 29: Auslastung Elektrolyseur (10 MW) für den Green Energy Hub .....	63
Abbildung 30: Einbringen des Agrothermiekollektors mit Spezialflug [50] .....	64
Abbildung 31: Schematischer Aufbau Wärmenetzsystem mit Agrothermiekollektor [49] .....	64
Abbildung 32: Überblick über die Potenziale und Energieflüsse im Gesamtkonzept .....	65
Abbildung 33: Phasen des Gesamtprojektes .....	67

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Daten der Windenergieanlagen im Projektgebiet .....	42
Tabelle 2: Flächenspezifischer Stromverbrauch für Gewerbe und Logistik .....	44
Tabelle 3: Flächenspezifischer Wärmebedarf für Gewerbe und Logistik .....	44
Tabelle 4: Energieverbrauchsszenarien Gewerbegebietsentwicklung „Elsbachtal“ .....	45
Tabelle 5: Energieverbrauchsszenarien mögliche Gewerbegebietsentwicklung im Süden des Tagebaus Garzweiler .....	45
Tabelle 6: Potenziale Windenergie.....	51
Tabelle 7: Potenzial auf Kranstellflächen .....	53
Tabelle 8: Potenzial Photovoltaik auf den gewerblichen Dachflächen.....	59

## Abkürzungsverzeichnis

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>
APV	Agri-Photovoltaik
EAK	Energieaufwandsklasse
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - 2021)
IEEJ	Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen
PV	Photovoltaik
PV-FFA	Freiflächenphotovoltaikanlage
W	Watt
WEA	Windenergieanlage
Wh	Wattstunde

# **1 Einleitung und Hintergrund – Der Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen als zukunftsweisendes Projekt im Rheinischen Strukturwandel**

## **1.1 Rahmenbedingungen im Rheinischen Revier**

Der beschleunigte Ausstieg aus der Braunkohleverstromung löst für das Rheinische Braunkohle-Revier und insbesondere für das Umfeld der drei hiesigen Tagebaue einen tiefgreifenden Strukturwandel aus. Maßnahmen zur Wiedernutzbarmachung und Rekultivierung bis hin zur Anlage der drei großen Restseen kommen zusätzlich oder weit früher auf die Anrainerkommunen zu, als dies ursprünglich vorgesehen war. Darüber hinaus wird das Rheinische Revier die wirtschaftlichen Folgen der Beendigung des Bergbaubetriebes zu bewältigen haben, die von einer vorsorgenden regionalen Struktur- und Arbeitsmarktpolitik antizipiert werden müssen. Hier gilt es, zukunftsweisende Projekte zu initiieren, die neue Perspektiven für regionale Wertschöpfung und Beschäftigung entwickeln und zugleich die Energiewende vom Abbau fossiler Rohstoffe hin zur Erzeugung, Speicherung und Weiterverwendung Erneuerbarer Energien befördern. Dies wird auch im „Wirtschafts- und Strukturprogramm 1.1 (WSP 1.1) für das Rheinische Zukunftsrevier“ [1] weiter untermauert und als klare Ziel formuliert:

„Das Rheinische Revier soll auch weiterhin eine Energieregion bleiben und sich als Energievier der Zukunft mit internationalem Modellcharakter aufstellen.“

Weiterhin wird im WSP 1.1 klar formuliert:

„Der wirtschaftlich orientierte und akzeptanzgesicherte Umbau des Energieversorgungssystems ist eine grundlegende Aufgabe bei der Ausgestaltung der Energiewende. Der Ausbau von Photovoltaik und Windenergie steht aufgrund der großen, relativ zeitnah und sicher erschließbaren Potenziale im Mittelpunkt des Um- und Ausbaus der Stromerzeugungsstrukturen.“

Um den Strukturwandel dabei möglichst sozialverträglich für Menschen und Wirtschaft zu gestalten und die Akzeptanz bei der Bevölkerung zu erhöhen, ist es notwendig, die Energieversorgung neu auszurichten. Eine enge Einbindung der lokalen Landwirtschaft als großer Flächeneigentümer ist dabei unerlässlich. Laut aktueller BET-Studie „Ein Energiesystem der Zukunft für das Rheinische Revier“ [2] ist

„insbesondere das Rheinische Revier (RR) [...] stark von dieser Transformation und dem damit verbundenen Kohleausstieg betroffen. Auch wenn damit zunächst meist Arbeitsplatzabbau und Wertschöpfungsverlust verbunden werden, bietet die Energiewende dem RR große Chancen, ein Knotenpunkt der zukünftigen Energiesystemgestaltung mit internationalem Modellcharakter zu werden.“

Die Tagebauflächen weisen dabei ein großes Flächenpotenzial für die Erzeugung von Erneuerbaren Energien auf. Betrachtet man jedoch die Entwicklung der Stromerzeugung sowie des Strom-

bedarfs im Rheinischen Revier, so wird schnell deutlich, dass in den beiden kommenden Jahrzehnten der Ausbau Erneuerbarer Energieproduktion enorm ansteigen müsste, um die auslaufende Braunkohlestromerzeugung vor Ort zu kompensieren. Die aktuelle BET-Studie „Ein Energiesystem der Zukunft für das Rheinische Revier“ [2] führt hierzu weiter aus:

“In den nächsten Jahren wird sich die Stromerzeugungs- und Verbraucherstruktur immer weiter ändern. Es kommen mehr Verbraucher wie Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen und Elektroliseure in das System.

- Eine wesentliche Maßnahme, diesen Verlust zu kompensieren, ist der Aufbau erneuerbarer Stromerzeugung. Insbesondere Photovoltaik und Windenergie sind am ehesten dafür geeignet. Im RR bietet es sich an, die freiwerdenden Tagebauflächen dafür zu nutzen. Da diese Flächen aber bei weitem nicht ausreichen werden, um die Braunkohlestromerzeugung auch nur ansatzweise zu kompensieren, sollte in der ganzen Region ein verstärkter Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung erfolgen. Nur so kann das RR auch in Zukunft eine wichtige Rolle in der Energiewirtschaft einnehmen und eine Modellregion für den Strukturwandel werden.“

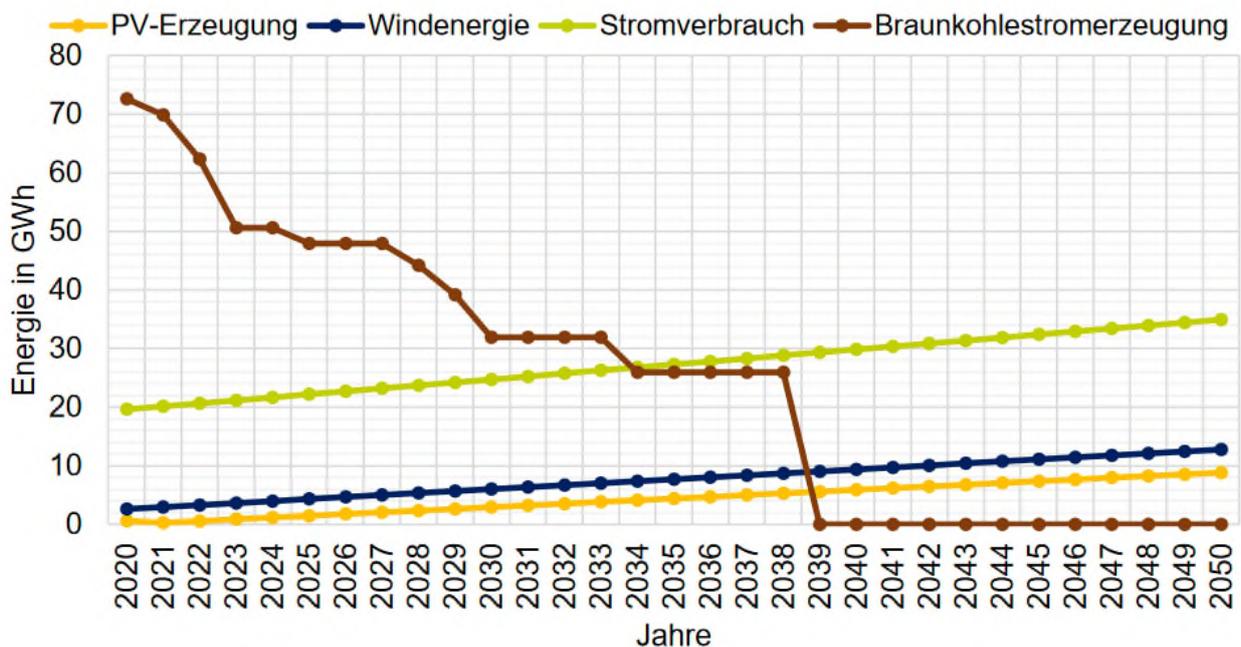


Abbildung 1 Stromerzeugung und -bedarf im RR im Jahresverlauf [2]

Wie in Abbildung 1 verdeutlicht wird, nimmt im Rheinischen Revier der Überschuss an erzeugter Energie bis zum geplanten Kohleausstieg im Jahr 2038 kontinuierlich weiter ab. Das Rheinische Revier wird in den Folgejahren nach 2038 zu einem Importeur von elektrischer Energie. Daher muss der Ausbau der Erneuerbaren Energieerzeugung bis zum theoretischen Potenzial vorangetrieben werden.

## **1.2 Einordnung des Projekts „Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen“**

Für das Management der anstehenden Aufgabenfülle, die in den kommenden Jahrzehnten auf die Anrainerkommunen des Tagebaus Garzweiler zukommt, tragen die Stadt Mönchengladbach, die Stadt Erkelenz, die Stadt Jüchen sowie die Landgemeinde Titz den Zweckverband LAND-FOLGE Garzweiler, um Zukunftsperspektiven für die Region zu entwickeln und konkrete Projekte zur Umsetzung zu bringen.

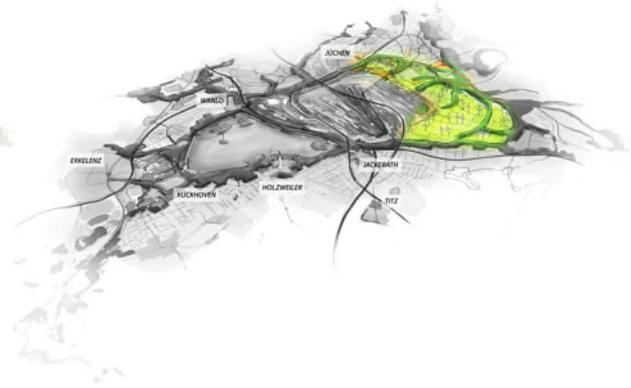
So wurden gemeinsam mit Vertretern anderer regionaler Einrichtungen im Jahr 2016 in einer Planungswerkstatt die unterschiedlichen Herausforderungen und Zielvorstellungen des Betrachtungsraumes diskutiert und in einem Handlungsrahmen miteinander in Beziehung gesetzt. Dies mündete in einem Konzept, dem sogenannten „Drehbuch zur Tagebaufolge(n)landschaft Garzweiler“, welches die Grundlage für alle weiteren planerischen Schritte bis zum Jahr 2035 bilden und in fünfjährigem Turnus fortgeschrieben werden soll. Es beschreibt die Herangehensweise an die räumliche und zeitliche Entwicklung der Tagebaufolgelandschaft. Diese wird in vier große Bereiche gegliedert (Abbildung 2): Im Osten die Reallaborlandschaft, deren planerisches Herzstück der Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen bildet, in der Mitte das Innovation Valley Garzweiler, im Westen der künftige See und verbindend das Grüne Band. Hierbei werden sowohl soziale als auch ökologische und wirtschaftliche Aspekte betrachtet.

Mit dem „Drehbuch“ lag somit 2016 erstmals ein verbindendes, positives Zukunftsbild für den gesamten Raum vor, das nun Schritt für Schritt weiter unteretzt werden soll. Hierfür braucht es rund um den Tagebau Garzweiler, bei dem vom Strukturwandel besonders betroffenen Anrainerkommunen gute Ideen, um vor Ort positive und zukunftssträchtige Entwicklungen anzustoßen. Das Zukunftsprojekt „Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen (IEEJ)“ untersetzt das Drehbuch als Leitprojekt im Bereich der „Reallaborlandschaft“.

„Drehbuch“ 2016



Reallaborlandschaft



Innovation Valley



Garzweiler See



Abbildung 2: „Drehbuch zur Tagebaufolge(n)landschaft Garzweiler“ 2016

### 1.3 Zielstellung

Der Innovationspark bietet durch die Energieproduktion aus Erneuerbaren Energien, Sektorenkopplung, Integration der Energieproduktion mit landwirtschaftlichen Landnutzungen, Verknüpfung mit Entwicklungsstandorten als Abnehmer sowie durch Forschung und Entwicklung im erlebbaren Reallabor (vgl. Abbildung 3) eine hervorragende Möglichkeit, Kompetenzen in der Region von der Erzeugung über die Speicherung bis hin zum Verbrauch aufzubauen und zu verstärken. Ebenso regen innovative Ansätze in der Planung und Umsetzung von Maßnahmen zu einem kreativen Umfeld an, in dem sich neue Wirtschaftsstrukturen aufgrund neuer Bedarfe im Revier ansiedeln. Das Projekt soll eines der imagebildenden Projekte im Rahmen des Strukturwandels darstellen, welches die Attraktivität der Region als Lebens-, Wohn- und Wirtschaftsraum steigert.



*Abbildung 3: Integrierte Mixed Used Landscape Tagebau Garzweiler (Quelle: KCAP/ZV Garzweiler)*

Besonders hervorzuheben ist hier die räumliche Lage des Projektgebietes. Es befindet sich dieses im Wesentlichen auf den Flächen des Tagebaus Garzweiler I. Die Notwendigkeit des Strukturwandels wird an dieser Stelle durch den massiven Eingriff in die Landschaft besonders deutlich. Vollständig rekultiviert werden diese Fläche zwar erst nach Ende des Kohleausstiegs sein, dennoch bietet sich hier schon jetzt durch die angestrebte schrittweise Umsetzung von Teilprojekten die Möglichkeit, die regionale Energiewende weiter voranzutreiben.

In der Zeit von April 2020 bis Juni 2021 wurden die Potenziale der Energiebereitstellung und effizienten Weiterverwendung im Bereich der Tagebaufolgelandschaft Garzweiler detailliert untersucht und anschließend in mehrere, in direktem Bezug stehende, Teilprojekte gegliedert. Diese

Teilprojekte tragen gemeinsam zu einem zusammenhängenden und nachhaltigen Energiesystem bei. Neben der Strom- und Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien durch innovative Technologien und Technologiekombinationen finden dabei auch Sektorenkopplung und alternative Mobilitätslösungen Beachtung. Diese Teilprojekte aber auch die Ergebnisse vorangegangener Untersuchungen werden in diesem Bericht zusammenfassend dargestellt.

Bei der Bearbeitung lag ein besonderes Augenmerk auf der Einbeziehung der lokalen Stakeholder und dem intensiven Austausch mit diesen. Insbesondere den Akteuren aus der Landwirtschaft kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu, da diese als Eigentümer und Pächter der Flächen in erheblichem Maße die Multicodierung der landwirtschaftlichen Flächen durch Energieerzeugungsanlagen mitgestalten können. Neben den technischen und sozialen Einflussfaktoren wurden auch die zeitliche Verfügbarkeit der Erzeugungskapazitäten durch die Rekultivierung der ehemaligen Tagebauflächen als ein zentraler Aspekt des Projektes betrachtet.

Mit der Entwicklung des Innovationsparks Erneuerbare Energien Jüchen leistet das Verbandsgebiet einen Beitrag zur neuen Energieregion im Rheinischen Revier sowie zur Kompensation von Arbeitsplatzverlusten. Da der Innovationspark die Bereiche Produktion, Speicherung und Weiterverwendung, Forschung und Entwicklung im großflächigen Demonstrationsraum sowie die Integration von Energieerzeugung in eine landwirtschaftliche Flächennutzung an einem Ort und in einem vernetzten Energiesystem vereinen soll, ist in all diesen Wirtschaftsbereichen die Entstehung neuer und zukunftsweisender Arbeitsplätze zu erwarten. Die o.g. BET-Studie zitiert dabei auch den „Projektbericht Erneuerbare Energien-Vorhaben in den Tagebauregionen“ [3] folgendermaßen:

„Ein Ausbau von Erneuerbaren Energien in Kombination mit Power-to-X-Anlagen kann ein wichtiges Element eines erfolgreichen Strukturwandels sein. Besonders ein Aufbau von sogenannten hybriden Großkraftwerken aus Photovoltaik und Windenergie auf den Tagebauflächen bietet große Chancen. Die hybriden Kraftwerke können die freiwerdende Netzkapazität der Braunkohlekraftwerke nutzen und parallel zur Stilllegung errichtet werden [...]“

Der Betrieb der Energieerzeugungsanlagen schafft Arbeitsplätze im Service- und Dienstleistungsbereich. Darüber hinaus sind in den angrenzenden Gewerbegebieten Ansiedlungen zu erwarten, die entweder in direktem Zusammenhang zum Projekt stehen oder die durch das Projekt positiv befördert werden.

Das Projekt leistet neben dem Erhalt und der Schaffung von Arbeits- und Ausbildungsplätzen einen substantiellen Beitrag zur Weiterentwicklung der lokalen Wertschöpfung. Es werden neue Geschäftsmodellinnovationen entwickelt, mit denen sich nicht nur neue Unternehmen, sondern auch die bestehenden Wirtschaftseinheiten neu und resilient entwickeln und aufstellen können. Der systemische Zugang des Projektes erlaubt eine Reflexion aller möglichen Wertschöpfungsketten und versucht auch technologische Ansätze zu adressieren, die wirtschaftliche Symbiosen über einzelne Sektoren hinaus erlauben und unterstützen.

Aufgrund des geplanten Ausstiegs aus der Braunkohleförderung und -verstromung müssen parallele Maßnahmen zur Stärkung der betroffenen Reviere, insbesondere der Tagebauanrainer-

kommunen, zur Bewältigung des Strukturwandels durchgeführt werden. Das geschilderte Projektvorhaben stellt einen wichtigen Baustein zur Stärkung und zukunftsfähigen Ausrichtung aller Kreise und Kommunen des gesamten Rheinischen Reviers dar und findet sich zudem thematisch in allen drei strategischen Zukunftsfeldern des Rheinischen Reviers wieder. Es greift dabei das Ziel auf, das Rheinische Revier zu einer Modellregion für die Energiewende weiterzuentwickeln und behandelt das Zukunftsthema der nachhaltigen Energieversorgungssysteme.

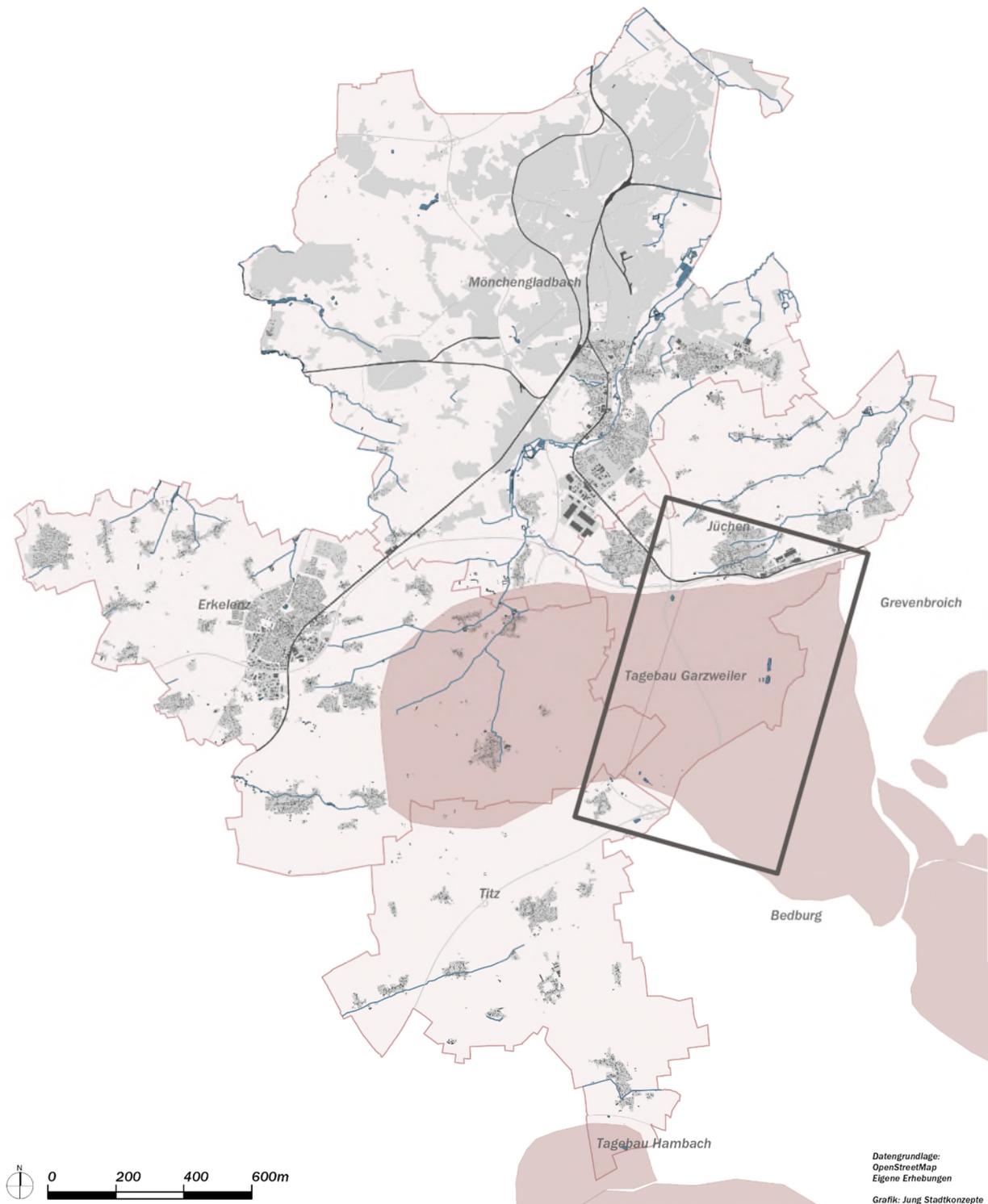


Abbildung 4: Räumliche Einordnung des Projektgebietes [4] [5]

## 2 Methodik und Vorgehensweise

Die Konzeptentwicklung des Innovationsparks Erneuerbare Energien Jüchen wurde in drei methodischen Schritten durchgeführt, welche durch einen intensiven Beteiligungsprozess begleitet wurden. Die Arbeitsschritte wurden dabei nicht linear durchgeführt, sondern projektphasenübergreifend und integriert.

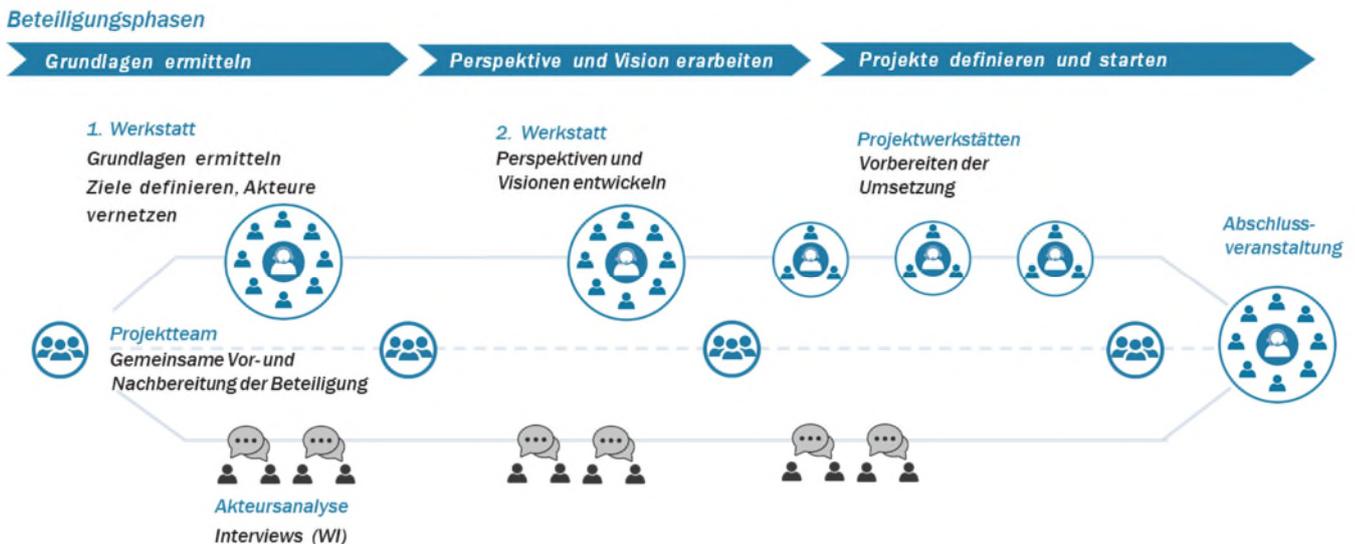


Abbildung 5: Vorgehensweise und Arbeitsschritte

Die Arbeitsschritte im Überblick:

- **Grundlagenermittlung:** Bei der räumlichen und technischen Grundlagenermittlung im Projekt IEEJ wurde im ersten Schritt die Gesamtfläche des Projektgebiets erfasst und ein möglicher theoretischer Energieertrag aus erneuerbaren Energien in Bezug zum Energieertrag des aktuellen Tagebaus Garzweiler gesetzt. Im nächsten Schritt wurden räumliche und rechtliche Restriktionen für eine Nutzung erneuerbarer Energien im Projektgebiet erfasst und eine räumliche Plangrundlage für die Berechnung von Potenzialen und Szenarien erstellt. Die Projektziele und Erwartungen wurden weiter konkretisiert, Aufgaben, Umfang und Tiefe der Bearbeitung im Detail abgestimmt und der Datenbedarf definiert sowie die Wege der Datenbeschaffung festgelegt. Zur Vorbereitung der technischen Ausarbeitung wurde ein umfangreiches Technologiescreening zu den Bereichen Strom- und Wärmeversorgung, Sektorenkopplung sowie zur Infrastruktur durchgeführt. So konnten zum einen der Stand der Technik sowie die jeweils notwendigen Rahmenbedingungen zur Nutzung von Technologien, aber auch Innovationspotenziale, die in den Teilprojekten verwirklicht werden können, identifiziert werden. Die Ergebnisse dieses Technologiescreenings wurden in Technologiesteckbriefen zusammengefasst und sind in der Anlage zu dieser Konzeptstudie ersichtlich. Ein zentraler Baustein der Grundlagenermittlung war, neben der Erfassung räumlich-technischer Grundlagen, die Ermittlung von Handlungsmöglichkeiten und Zielen durch die Akteursanalyse. Ein Konzept für die prozessbegleitende Beteiligung und Akteursanalyse wurde festgelegt. Dabei wurde aufgrund der Pandemie ein besonderes Augenmerk auf Corona-konforme digitale Beteiligungsformate

gelegt. Neben mehreren internen Interviewreihen wurde eine Konstellationsanalyse erstellt und die Inhalte der drei Visions- und Perspektivwerkstätten, eines Workshops mit Vertretern der Landwirtschaft sowie Anregungen der Teilnehmer der Ergebnispräsentation ausgewertet.

- Potenziale und Szenarien: Im nächsten Schritt wurden Potenziale sowie zeitliche und räumliche Szenarien der Energieerzeugung und -verteilung im Projektgebiet erarbeitet. Die zu erwartenden energetischen Erträge wurden in Bezug zu regionalen und lokalen Energieverbräuchen gesetzt und der mögliche quantitative und qualitative Beitrag des Projekts an der regionalen Energiewende ermittelt. Die Zwischenergebnisse wurden im Rahmen der drei Visions- und Perspektivwerkstätten kommuniziert und breit diskutiert.
- Konzept und projektorientiertes Handlungsprogramm: Auf Grundlage der Potenzialanalyse sowie der drei Visions- und Perspektivwerkstätten wurde das Konzept des Innovationsparks Erneuerbare Energien Jüchen erarbeitet und ein projektorientiertes Handlungsprogramm aufgestellt. Das Handlungsprogramm schreibt die strategischen Entwicklungsziele und das energetische Leitbild für den Innovationspark fest. Es beschreibt die Maßnahmen und Projekte, die in der Umsetzungsphase gemeinsam mit örtlichen und überregionalen Akteuren durchgeführt werden sollen. Im interdisziplinären Austausch werden vom gesamten Projektteam Maßnahmen und Projekte für das Handlungsprogramm formuliert.

Abschließend wurden ein Fazit und die nächsten Schritte für die Projektumsetzung formuliert.

## 3 Klärung des Innovationsbegriffs

### 3.1 Innovationen

Innovation ist nach [4] „... die entscheidende Triebfeder wirtschaftlicher Dynamik und Auslöser eines Prozesses der schöpferischen Zerstörung, Durchsetzung neuer Kombinationen, Aufstellung einer neuen Produktionsfunktion“.

Aus Inventionen werden erst dann Innovationen, wenn sie sich erfolgreich am Markt etablieren können. Für die erfolgreiche Durchsetzung von Innovationen gibt es die Notwendigkeit von flankierenden sozialen Innovationen in Wirtschaft, Kultur und Politik [4].

Eine Innovation ist ein neues Produkt, Dienstleistung oder ein Prozess, welcher sich von früheren Lösungen maßgeblich unterscheidet. „Neuheit“ bedeutet eine neue Kombination von Bedürfnissen und/oder Technologien, in einer Form, die es bisher noch nicht gab. Es gibt Produkt-, Prozess-, soziale- und organisatorische Innovationen, der Einsatz neuer Ressourcen sowie Erschließung neuer (Absatz-) Märkte zählen ebenfalls als Innovation. Innovationen können auch ein Prozess aus verschiedenen Aktivitäten darstellen, sie können dabei rein technischer, soziotechnischer oder sozialer Natur sein [4].

### 3.2 Soziale Innovationen

Soziale Innovationen können auf verschiedenen Ebenen sozialer Ordnung stattfinden. Im Mikrobereich beschreiben sie Verhaltensänderungen von einzelnen Individuen und Gruppen. Veränderungen von Institutionen und Organisationen sind soziale Innovationen im Meso-Bereich, z. B. in kommunalen Verwaltungen. Neue Lösungen auf nationaler, bzw. supranationaler Ebene sind soziale Innovationen im Makrobereich. Soziale Innovationen ermöglichen eine neue Richtung des sozialen Lebens, z. B. in Form von Regulierungen oder Lebensstilen. Soziale Innovationen sind dadurch charakterisiert, dass sie Probleme besser als frühere Praktiken lösen und daher wiederholt und institutionalisiert werden [5]–[9].

Jansen [10] formuliert drei Prinzipien von sozialen Innovationen:

1. Kommunikative und operative Inklusion von Anspruchsgruppen: Einbeziehung von Gruppen, die vorher nicht anspruchsberechtigt waren.
2. Die Hybridisierung von Lösungsbeiträgen und -beitragenden: Kommunikation & Kooperation zwischen allen am Problem-Beteiligten (Public-Private-Partnership).
3. Die Systematisierung von Technologien, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen: Professionalisierung des Innovationsprozesses – Monitoring von neuen Prozessen.

Howaldt [11] beschreibt soziale Innovationen als neue Art und Weise, des (Zusammen-) Lebens, arbeiten und konsumieren, gesellschaftlicher Organisation und politischer Prozesse. Er beschreibt die Notwendigkeit von veränderten sozialen Praktiken und Verbrauchsgewohnheiten, die es erst ermöglichen die Potenziale neuer Technologien vollständig auszuschöpfen. Soziale

Innovationen entstehen an Schnittstellen und benötigen systematische Stärkung einer sektorübergreifenden Kooperation. Diese Kooperationen bilden Netzwerke und soziale Ökosysteme mit Akteuren aus Wirtschaft, Wissenschaft, Zivilgesellschaft und Politik.

Howaldt [11] beschreibt, dass Netzwerke eine „neue soziale Morphologie unserer Gesellschaft“ bilden. Netzwerke durchdringen in ihren vielfältigen Formen inzwischen alle gesellschaftlichen Teilbereiche und Wirtschaftsbranchen. Sie sind eine effektive Organisationsform, um den vom Wirtschaftssystem ausgehenden steigenden Innovations- und Modernisierungsdruck zu bewältigen. Netzwerke haben eine besondere Leistungsfähigkeit, durch die neuartigen Möglichkeiten zur Organisation von Innovationsprozessen über die Grenzen einer Einzelorganisation hinaus.

Netzwerke sind komplexe soziale Systeme, deren Management weitgehend ohne formales Direktionsrecht auskommen muss. Die wichtigsten Funktionen des Netzwerkmanagements fasst er wie folgt zusammen: Zunächst müssen die richtigen Akteure ausgewählt, gewonnen und in Netzwerkaktivitäten eingebunden werden. Es sollten konkrete Ziele verfolgt werden, ohne die Autonomie der beteiligten Akteure zu sehr zu beschneiden. Einzelaktivitäten im Sinne des Gesamtverbundes gilt es auszubalancieren und Öffentlichkeitsarbeit innerhalb und außerhalb des Verbundes sollten zentral betrieben werden. Ergebnisse sichern und bewerten sowie die netzwerkinternen Wissensprozesse steuern (ebd.).

Durch wertschätzenden Umgang und Einbindung der Betroffenengruppen kann die Erfolgsaussicht eines Projektes erhöht werden. Durch Möglichkeit der Partizipation wird bei Betroffenen eine Identifizierung mit dem Projekt und dessen Zielen erzeugt und zugleich Identifikation mit der Idee des Projekts gestärkt, das sich so leichter implementieren und verbreiten lässt und von den Betroffenengruppen mitgetragen wird.

Im Rahmen der Erstellung der Konzeptstudie „Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen“ (2020 - 2021) wurden Potenziale für technische (Technologien für Erneuerbare Energien), sozio-technische (Infrastrukturen) und soziale (Akteursbeziehungen) herausgearbeitet. Im Rahmen der Folgephase des Projekts sollen diese Potenziale ergriffen und umsetzbare Projekte übersetzt werden.

## 4 Analyse des Projektgebiets

Für die Konzeptentwicklung bedurfte es einer vorherigen Untersuchung des Projektgebiets (vgl. Abbildung 6). So konnten die Rahmenbedingungen, Bedarfe und Visionen herausgearbeitet werden, die den Ausgangspunkt für die entwickelten Teilprojekte (vgl. Kapitel 5) darstellen. Diese Analyse des Projektgebiets gliedert sich in die räumliche Analyse inklusive der Entwicklung von Szenarien für die Flächennutzung, die Stakeholderanalyse und die energetische Analyse. Durch ihre verschiedenen Schwerpunkte stellen diese einzelnen Analysen sicher, dass das nachfolgende Konzept ganzheitlich und abgestimmt auf die regionalen Bedarfe entwickelt werden kann. Die Ergebnisse werden in den folgenden Kapiteln näher erläutert.



Abbildung 6: Luftaufnahme des Projektgebietes

### 4.1 Räumliche Analyse

Mittels der räumlichen Analyse wurden die vorhandenen Flächen im Projektgebiet gesichtet, die Restriktionen analysiert und anhand derer die Potenzialflächen für Erneuerbare Energien ermittelt.

#### 4.1.1 Bestand und Planung

Der Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen soll vorwiegend auf den Flächen des Tagebau Garzweiler I (vgl. Abbildung 4 zur räumlichen Einordnung des Projektgebietes) entstehen, die größtenteils nach dem Tagebauende als landwirtschaftliche Flächen rekultiviert werden sollen. Im nördlichen Bereich des Projektgebietes soll mit der Siedlungserweiterung „Jüchen-Süd“ der „Sprung“ über die Autobahn A 46 erreicht werden. Zudem soll östlich hiervon das interkommunale Gewerbe- und Industriegebiet „Elsbachtal“ der beiden Kommunen Jüchen und Grevenbroich entstehen. Im Osten, größtenteils im Stadtgebiet Grevenbroich gelegen, befindet sich der

Konversionsstandort / Kohlebunker (Kraftwerk Frimmersdorf) und im Süden des Tagebaus Garzweiler ist ein weiterer interkommunaler Gewerbegebietsstandort vorgesehen. Des Weiteren ist im Westen des Projektgebietes, am späteren Ostufer des künftigen Garzweiler Sees, eine mögliche Siedlungsentwicklung oder touristische Entwicklung angedacht. Hinzu kommen landschaftsgestaltende Elemente, die das Gebiet voraussichtlich in Zukunft durchziehen werden sowie die Autobahn A 44n, die schon heute das Projektgebiet durchquert (vgl. Abbildung 7).

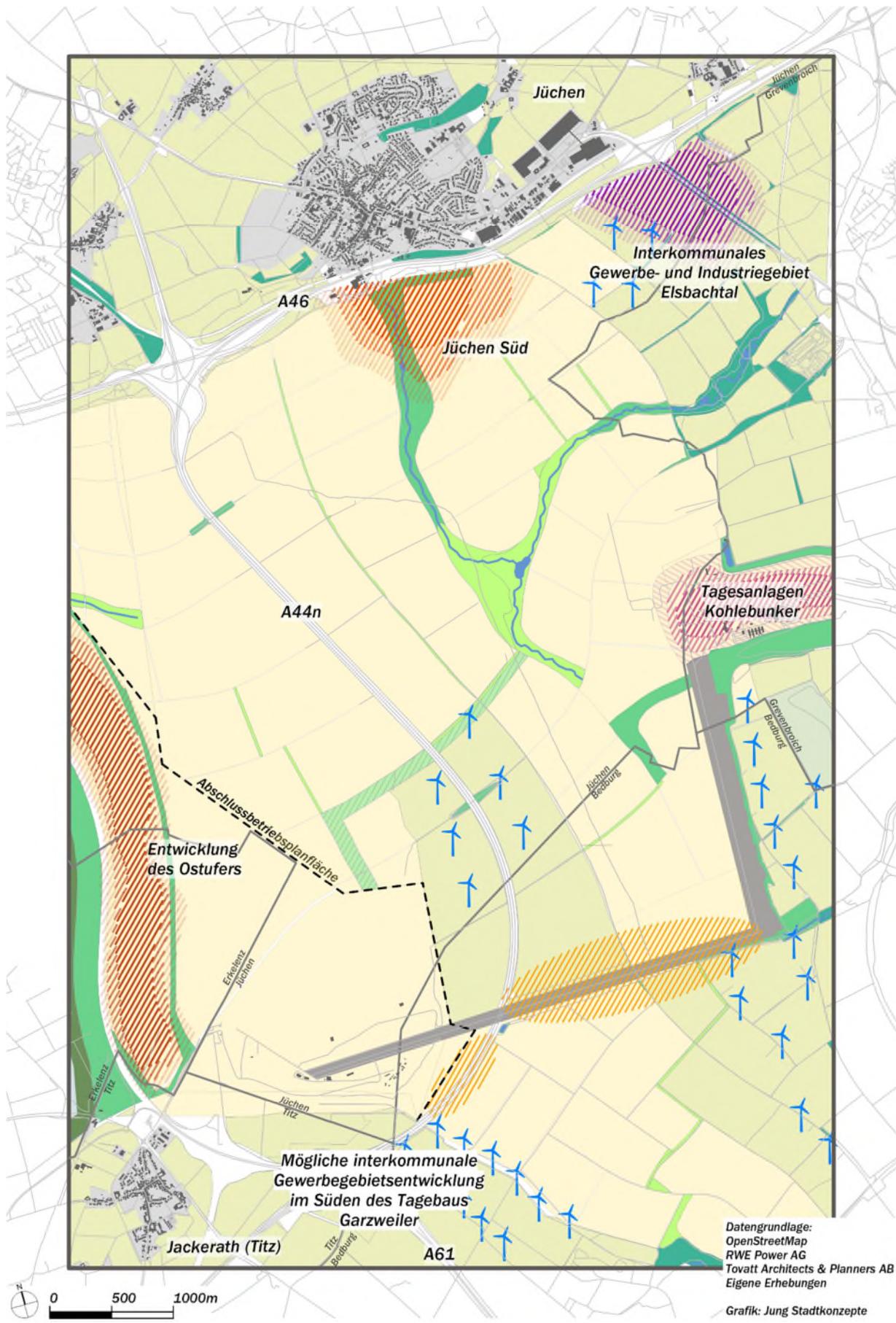


Abbildung 7: Projektgebiet mit vorhandenen und geplanten zukünftigen Nutzungsbelegungen [12]–[18]

## Legende

### -- Abschlussbetriebsplanfläche

Die Fläche westlich der Abschlussbetriebsplanfläche ist noch nicht genehmigt worden.  
Abstimmung zur Leitentscheidung muss berücksichtigt werden.

### vorhandene Flächen

 Landwirtschaftliche Fläche

 Waldfläche

 Siedlungsfläche

 vorhandene Windanlage

### Rekultivierung

 Landwirtschaftliche Wiedernutzbarmachung

 Forstliche Wiedernutzbarmachung

 Landschaftsgestaltende Anlage

 Ausgleichsfläche A44n

 Seeböschung

 Tagebausee

 Bandtrasse Tagebau Garzweiler

### Vision

 Geplante Siedlungserweiterung

 Entwicklung des Ostufers (mögliche Siedlungsentwicklung/touristische Entwicklung)

 Tagesanlagen/Kohlebunker

 Geplante interkommunale Gewerbegebietentwicklung

 Flächen für Photovoltaikanlagen

Legende zu Abbildung 7: Projektgebiet mit vorhandenen und geplanten zukünftigen Nutzungsbelegungen

## 4.1.2 Restriktionen

Nach eingehender Betrachtung der vorhandenen Flächen und geplanten zukünftigen Nutzungsbelegungen wurden Restriktionen (vgl. Abbildung 9) für die Errichtung von Windenergieanlagen und Photovoltaikanlagen ermittelt, die im Folgenden näher beschrieben werden.

### Siedlungsflächen

Windenergieanlagen müssen einen Abstand zu Wohnbauflächen einhalten. Dabei nennt/empfiehlt die Landesregierung NRW Abstände von 720 Meter, 1000 Meter und 1500 Meter [19], [20]. Alle drei Abstände wurden berücksichtigt und als Restriktionen eingezeichnet. Laut den Schallimmissionsrichtwerten nach TA Lärm müssen nachts 50dB (A) im Gewerbegebiet eingehalten werden [21]. Dies erfolgt laut Magazin zur europäischen Energiewende (ee mag) europäische Energiewende bei einem Abstand von 170 Meter [22]. Der Abstand von Windkraftanlagen zu Gewerbegebieten von 170 Meter wurde als Restriktion übernommen.

### Verkehrsflächen

Für Windenergieanlagen gilt laut dem Energie-Erlass ein Anbauverbot von 40 Meter und eine Anbaubeschränkung von 100 Meter zu Bundesautobahnen. Zu Bundesstraßen gilt ein Anbauverbot von 20 Meter und eine Anbaubeschränkung von 40 Meter. Für Landes- und Kreisstraßen ist

in einer Entfernung von bis zu 40 Meter die Zustimmung der Straßenbehörde notwendig. Die Entfernung ist von der Rotorspitze der Windenergieanlage zum äußeren Rand der befestigten Fahrbahn zu messen [19]. Für Bahntrassen existiert kein rechtlich einzuhaltender Abstand, es muss jedoch die Sicherheit der Bahntrasse gewährleistet werden.

### **Freileitungen**

Im Plangebiet befinden sich zwei Hochspannungsleitungen, zum einen südwestlich der A 46 [15], zum anderen entlang der Bandtrasse Tagebau Garzweiler [23]. Innerhalb des Schutzstreifens der Freileitungen ist keine Errichtung von Windenergieanlagen erlaubt. Das bedeutet, dass die Blattspitze des Rotors nicht in den Schutzstreifen ragen darf [19]. Eine Mindestbreite des Schutzstreifens wird nicht angegeben. In den folgenden Restriktionen wird eine Breite des Schutzstreifens von 100 m ab Mastmitte zu beiden Seiten gesetzt. Die Errichtung von Agri-PV-Anlagen innerhalb des Schutzstreifens von Freileitungen bedarf der Zustimmung des Netzbetreibers [24]. Im Folgenden werden die Flächen zunächst als Potenzialfläche mit aufgenommen, es muss jedoch im späteren Verlauf eine detaillierte Prüfung erfolgen.

### **Richtfunk**

Innerhalb des Plangebietes verlaufen laut dem Flächennutzungsplan der Stadt Jüchen [1] und der Stadt Bedburg [16] zwei Richtfunkstrecken. Laut dem Konzept „Gesamträumliches Plankonzept zur Darstellung von Konzentrationszonen für Windenergieanlagen im sachlichen Teil-Flächennutzungsplan“ handelt es sich in Jüchen um eine Richtfunkstrecke der Deutschen Telekom [25]. Es ist nicht bekannt, ob die Richtfunkstrecke noch betrieben wird oder der eingezeichnete Korridor relevant ist. Aus diesem Grund wird die Richtfunkstrecke für die Analyse der Potenzialflächen zunächst nicht weiter berücksichtigt. Bei einer späteren Errichtung von Windenergieanlagen und Photovoltaikanlagen innerhalb der Richtfunkstrecke ist jedoch eine detaillierte Prüfung erforderlich.

### **Natur und Landschaft**

Alle im Flächennutzungsplan der Stadt Jüchen [15] und der Stadt Grevenbroich [17] dargestellten Grün- und Waldflächen werden für die Errichtung von Windenergieanlagen und Photovoltaikanlagen ausgeschlossen. Des Weiteren werden die im Abschlussbetriebsplan 2025 der RWE Power AG [26] geplanten Flächen für die forstliche Wiedernutzbarmachung, wie u.a. das Jüchener Wäldchen, Flächen für landschaftsgestaltende Anlagen wie u.a. das „Elsbachtal“ sowie die Ausgleichsflächen für die A 44n, für die Errichtung von Windanlagen und Photovoltaikanlagen ebenfalls ausgeschlossen.

### **Seismologische Messstation**

In der Ortschaft Titz-Jackerath befindet sich eine Mikrobeben- und Starkbebenstation des Geologischen Dienstes Nordrhein-Westfalen [27]. Da Windenergieanlagen im Nutzungskonflikt mit Messstationen stehen, ist ein 2 Kilometer Beteiligungsradius um die Messstation zu legen. Innerhalb dieses Radius ist die Beteiligung der Betreiber der Messstation zwingend notwendig [19].

### **Flugplatz**

Der sich im Planungsgebiet befindliche Segelflugplatz Gustorfer Höhe weist einen Prüfradius von

vier Kilometer auf. Innerhalb dieses Radius ist die Errichtung von Windkraftanlagen und Photovoltaikanlagen nur mit der Zustimmung der Luftfahrtbehörde möglich [28]. In dem Konzept „Gesamträumliches Plankonzept zur Darstellung von Konzentrationszonen für Windenergieanlagen im sachlichen Teil-Flächennutzungsplan“ ist zudem ein Schutzbereich Platzrunde markiert, in dem keine baulichen Anlagen errichtet werden sollen [25]. Dieser Schutzbereich wurde übernommen.

### **Wasserflächen und Flächen für die Wasserwirtschaft**

Laut dem FNP der Stadt Jüchen [15] befinden sich zwei Wasserschutzzone innerhalb des Plangebietes. Zum einen ist dies die festgesetzte Wasserschutzzone W III b sowie die nicht festgesetzte Wasserschutzzone E III a. Die nicht festgesetzte Wasserschutzzone E III a wird im weiteren Verlauf nicht weiter berücksichtigt. Die Wasserschutzzone W III b befindet sich innerhalb der Tagebaufläche Garzweiler. In den Wasserschutzzonen III und IIIA ist der Bau von Anlagen in der Regel möglich [29]. Somit wird die Fläche als Potenzialfläche mit aufgenommen. Eine detaillierte Untersuchung ist im späteren Verlauf zu berücksichtigen.

### **Vorhandene und geplante Windenergieanlagen**

Zu bereits bestehenden [30] und geplanten [31]-Windenergieanlagen müssen Abstände eingehalten werden, um die Standsicherheit zu gewährleisten. Die Abstände wurden im folgenden Plan nicht separat eingezeichnet sind jedoch im späteren Verlauf zu berücksichtigen.

### **Bergbau**

Aufgrund der zeitlichen Verkippungsabfolge und den jeweiligen vorgeschriebenen Liegezeiten inklusive Zwischenbewirtschaftungen für verschiedene spätere Nutzungen, stehen nicht alle re-kultivierten Bereiche zeitgleich zur Verfügung, sondern es werden sukzessive mit fortlaufendem Tagebau in den kommenden Jahren und Jahrzehnten immer neue Potenzialflächen zur Erzeugung Erneuerbarer Energien hinzukommen.



*Abbildung 8: Blick in den Tagebau Garzweiler*

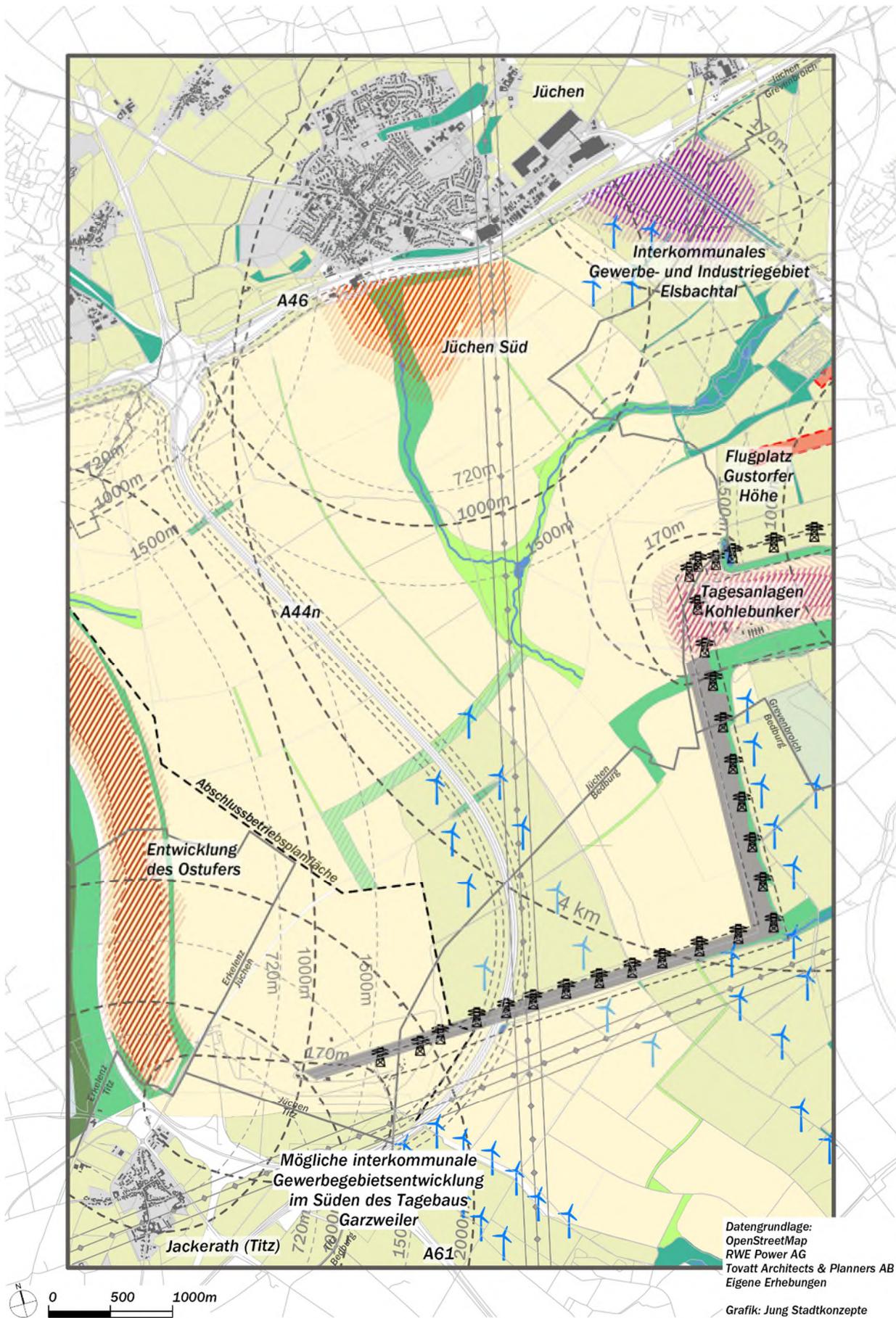


Abbildung 9: Restriktionen im Projektgebiet [12]–[18], [23], [25], [30], [31]

## Legende

### -- Abschlussbetriebsplanfläche

Die Fläche westlich der Abschlussbetriebsplanfläche ist noch nicht genehmigt worden.  
Abstimmung zur Leitentscheidung muss berücksichtigt werden.

### vorhandene Flächen

 Landwirtschaftliche Fläche

 Waldfläche

 Siedlungsfläche

### Rekultivierung

 Landwirtschaftliche Wiedernutzbarmachung

 Forstliche Wiedernutzbarmachung

 Landschaftsgestaltende Anlage

 Ausgleichsfläche A44n

 Seeböschung

 Tagebausee

 Bandtrasse Tagebau Garzweiler

### Vision

 Geplante Siedlungserweiterung

 Entwicklung des Ostufers (mögliche Siedlungsentwicklung/touristische Entwicklung)

 Tagesanlagen/Kohlebunker

 Geplante interkommunale Gewerbegebietentwicklung

### Restriktionen

 vorhandene Windanlage

 geplante Windanlage

 vorhandener Strommast

 Hochspannungsleitung

 Wasserschutzzone

 Richtfunk

 Einzuhaltende Abstände/Prüfbereiche für Windanlagen zu baulichen Nutzungen

Legende zu Abbildung 9: Restriktionen im Projektgebiet

## 4.1.3 Potenziale

Nach eingehender Analyse der vorhandenen Flächen, der zukünftig geplanten Nutzungsbelegungen und der sich ergebenden Restriktionen, wurden anschließend die zukünftigen Potenzialflächen zur Erzeugung Erneuerbarer Energien im Projektgebiet ermittelt (vgl. Abbildung 10).

Mit der geplanten Siedlungserweiterung der Stadt Jüchen, dem geplanten interkommunalen Gewerbe- und Industriegebiet „Elsbachtal“ sowie einem weiteren im Süden des Tagebaus Garzweiler vorgesehenen interkommunalen Gewerbegebietsstandort entstehen zum einen Potenziale zur Produktion, Speicherung und Weiterverwendung von Erneuerbaren Energien, zum anderen Abnehmer für die im Projektgebiet erzeugte Energie.

Am östlichen Ufer des zukünftigen Garzweiler Sees befinden sich nach der Herstellung der endgültigen Böschungsbereiche sowohl Potenzialflächen für PV-Anlagen entlang der späteren Seeböschung sowie Potenzialflächen für schwimmende Photovoltaikanlagen (Floating PV) auf ungenutzten Wasserflächen.

Weitere Potenzialflächen zur Errichtung von PV-Modulen befinden sich auf den Böschungen entlang der A 44n und der Bandtrasse sowie an den Lärmschutzwänden, die entlang der A 46 verlaufen. Hier wurden mit der Novellierung des EEG 2021 die zulässigen Abstände für Freiflächen PV-Anlagen entlang von Autobahnen von bislang 110 Meter auf 200 Meter erweitert.

Zudem ist ein Windschutz entlang der A 44n zur Sicherung des Lastkraftverkehrs nötig, der zusätzliche Potenzialflächen für die Errichtung von PV-Modulen bietet.

Ein Großteil der Flächen im Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen sind landwirtschaftliche Flächen, bei denen es gelingen muss, trotz intensiver Bewirtschaftung die vorhandenen Potenziale für die Errichtung von Agri-Photovoltaik- und Windenergieanlagen zu aktivieren. Aufgrund der hervorragenden Bodengüte mit hohen Ackerwertzahlen im Projektgebiet ist daher insbesondere auf einen flächensparenden Einsatz von zukunftsweisenden Technologien zur Herstellung Erneuerbarer Energien sowie die Multicodierung der Flächen durch die Vereinbarkeit von landwirtschaftlicher Nutzung und Energieerzeugung zu achten.

Zur Einspeisung der Energie kann das Leitungssystem für den Tagebau (nach-)genutzt werden.



## Legende

-  **Geplante Siedlungserweiterung**  
(Potenzial für Wärme- und Stromabnahme)
-  **Entwicklung des Ostufers**  
(Temporäres Potenzial für Photovoltaik an den Seeböschungen und Floating-Photovoltaik)
-  **Geplante interkommunale Gewerbegebietentwicklung**  
(Potenzial auf Dachflächen)
-  **Überlagerung:**  
Potenzialfläche für Windenergie und Potenzialfläche für Agri-Photovoltaik  
(1000m Radius zu Siedlungen)
-  **Überlagerung:**  
Potenzialfläche für Windenergie und Potenzialfläche für Agri-Photovoltaik  
(1500m Radius zu Siedlungen)
-  **Potenzialfläche für Agri-Photovoltaik**
-  **Potenzialfläche für Photovoltaik**  
(Autobahndamm, Bandtrasse, Lärmschutzwand)
-  **Potenzialfläche für Agri-Photovoltaik im förderfähigen Randstreifen nach EEG**
-  **Potenzialfläche für Photovoltaik**  
(Lärmschutzwand)
-  **Windenergieanlage**

Legende zu Abbildung 10: Potenzialflächen im Projektgebiet

Das sich im Plangebiet befindliche Abbaugelände wird schrittweise verkippt werden (vgl. Abbildung 11) und bedarf einer ausreichenden Liegezeit, die von der späteren Nutzungsanforderung abhängig ist. Im Folgenden wird dargestellt, wann welche Fläche, abhängig von der späteren Nutzung von Erneuerbaren Energien, zur Verfügung steht.

Die vorhandenen Lärmschutzwände entlang der A 46 sowie die Böschungen entlang der A 44n stünden bereits heute für die Errichtung von PV-Modulen zur Verfügung. Des Weiteren könnten auch bereits die Flächen, auf denen bereits Windenergieanlagen errichtet wurden, zusätzlich auch für Agri-Photovoltaik genutzt werden. Ab ca. 2025 wird voraussichtlich auch das interkommunale Gewerbe- und Industriegebiet „Elsbachtal“ zur Produktion, Speicherung und Weiterverwendung Erneuerbarer Energien zur Verfügung stehen. Im Norden des Plangebietes entstehen weitere Potenzialflächen für die Errichtung von Agri-Photovoltaikanlagen.

Zwischen 2030 und 2040 entstehen durch die Siedlungserweiterung Jüchen Süd sowie durch eine voraussichtliche interkommunale Gewerbegebietentwicklung im Süden des Tagebaus Garzweiler weitere Potenzialflächen für die Produktion, Speicherung und Weiterverwendung von Erneuerbaren Energien. Hinzu kommen weitere Potenzialflächen für Agri-Photovoltaikanlagen im Norden und Westen des Plangebietes.

Zwischen 2040 und 2050 werden nach Abschluss des aktiven Tagebaus, der Verkipfung sowie der benötigten Setzungsdauer der Flächen die restlichen Potenzialflächen, insbesondere im Bereich der Agri-Photovoltaik-Nutzung und Windenergienutzung, Flächen entlang der Bandtrasse sowie das östliche Ufer des Garzweiler Sees zur Verfügung stehen. Die folgende Grafik stellt die zeitliche Abfolge der Flächenverfügbarkeit dar.

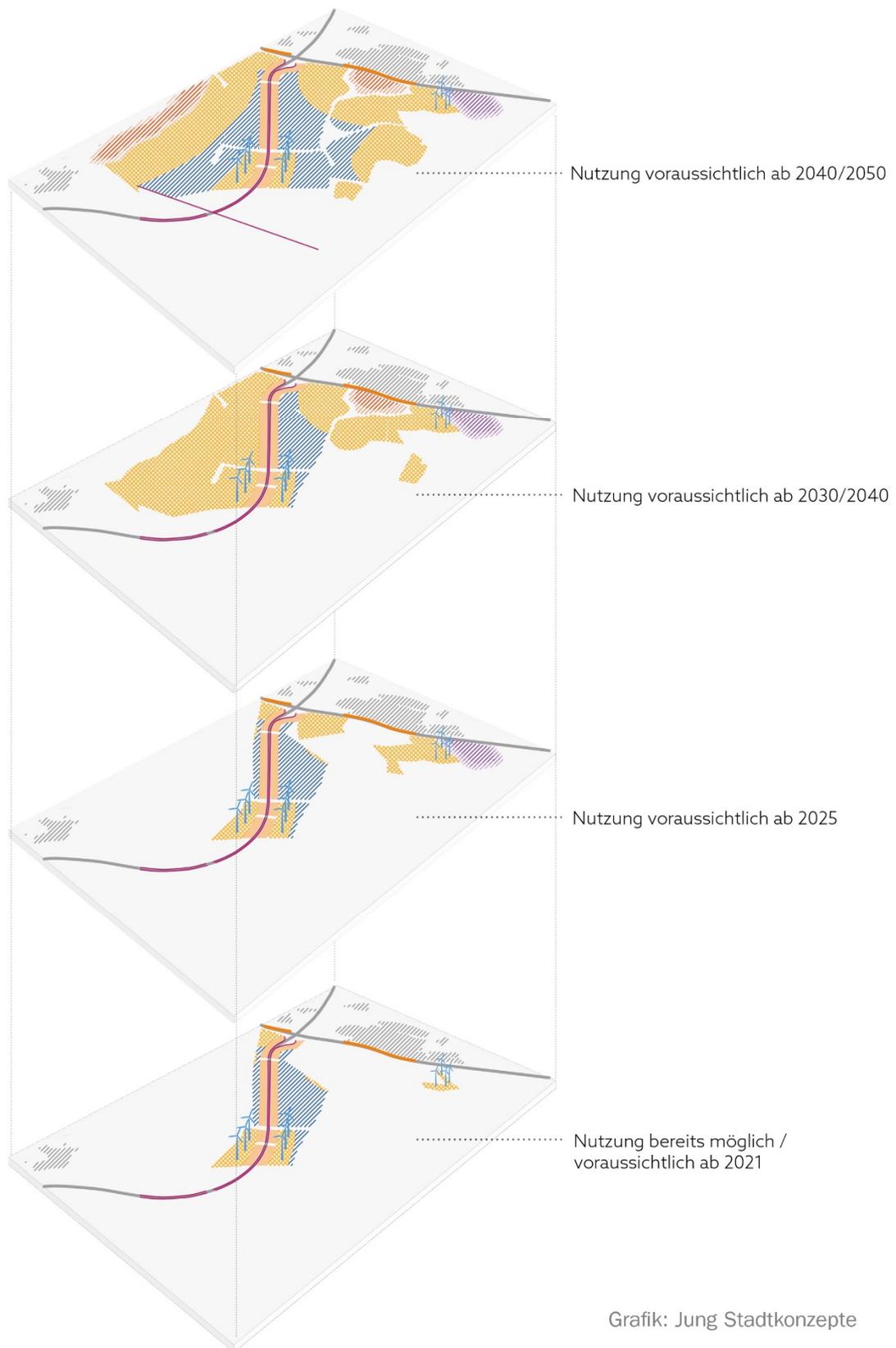


Abbildung 11: Darstellung der Flächenverfügbarkeit [12], [26], [30]

#### Legende

-  **Geplante Siedlungserweiterung**  
(Potenzial für Wärme- und Stromabnahme)
-  **Entwicklung des Ostufers**  
(Temporäres Potenzial für Photovoltaik an den Seeböschungen und Floating-Photovoltaik)
-  **Geplante interkommunale Gewerbegebietentwicklung**  
(Potenzial auf Dachflächen)
-  **Überlagerung:**  
Potenzialfläche für Windenergie und Potenzialfläche für Agri-Photovoltaik
-  **Potenzialfläche für Agri-Photovoltaik**
-  **Potenzialfläche für Photovoltaik**  
(Autobahndamm, Bandtrasse, Lärmschutzwand)
-  **Potenzialfläche für Agri-Photovoltaik im förderfähigen Randstreifen nach EEG**
-  **Potenzialfläche für Photovoltaik**  
(Lärmschutzwand)
-  **Windenergieanlage**

Legende zu Abbildung 11: Darstellung der Flächenverfügbarkeit

## 4.2 Szenarien

Mittels der Potenzialanalyse wurde deutlich, dass sich sowohl die bereits rekultivierten als auch die in den kommenden Jahren noch zu verkippenden landwirtschaftlichen Flächen im Plangebiet (nach der vorgeschriebenen Setzungsdauer) für die Errichtung von Agri-Photovoltaikanlagen und Windenergieanlagen eignen (werden). Im Zuge dessen wurden insgesamt drei Szenarien erarbeitet, die unterschiedliche Nutzungsvarianten und die jeweils mögliche zu erzeugende Energie aufzeigen. Diese Szenarien sind nicht als Prognosen zu verstehen, sondern verdeutlichen die energetischen Auswirkungen des jeweiligen Ausbaugrads und bilden konzeptionelle Leitplanken für die zukünftige Entwicklung des Innovationsparks Erneuerbare Energien Jüchen. Stellgrößen sind dabei die Nutzung unterschiedlicher Technologien, aber auch der Grad der jeweiligen Flächennutzung. Das zugrundeliegende, auf Geoinformationen fußende Massenmodell zur Errechnung der Szenarien kann auch im weiteren Prozess genutzt werden, um die Berechnungen schrittweise an die Umsetzung anzupassen und so auch als Grundlage für ein Evaluationswerkzeug dienen. Die Szenarien werden im Folgenden beschrieben und jeweils im Plan dargestellt. Die räumlich-technischen Rahmenbedingungen der jeweiligen Technologien sind in Kapitel Konzept und Teilprojekte näher erläutert.

### 4.2.1 Wind-Szenario

Beim Wind-Szenario wurden neben den vier vorhandenen Windenergieanlagen im Norden des Plangebietes sowie sechs weiteren, kürzlich errichteten Windenergieanlagen im Süden entlang der A 44n auch die Potenzialflächen für Windenergieanlagen berücksichtigt. Es stellt somit das konservativste Szenario des Konzeptes dar und setzt lediglich auf den Ausbau der im Umfeld des Projektgebietes bereits vorhandenen Windenergie-Parks. Das Wind-Szenario geht damit von einem potenziellen Energieertrag von 313 GWh/a pro Jahr aus.

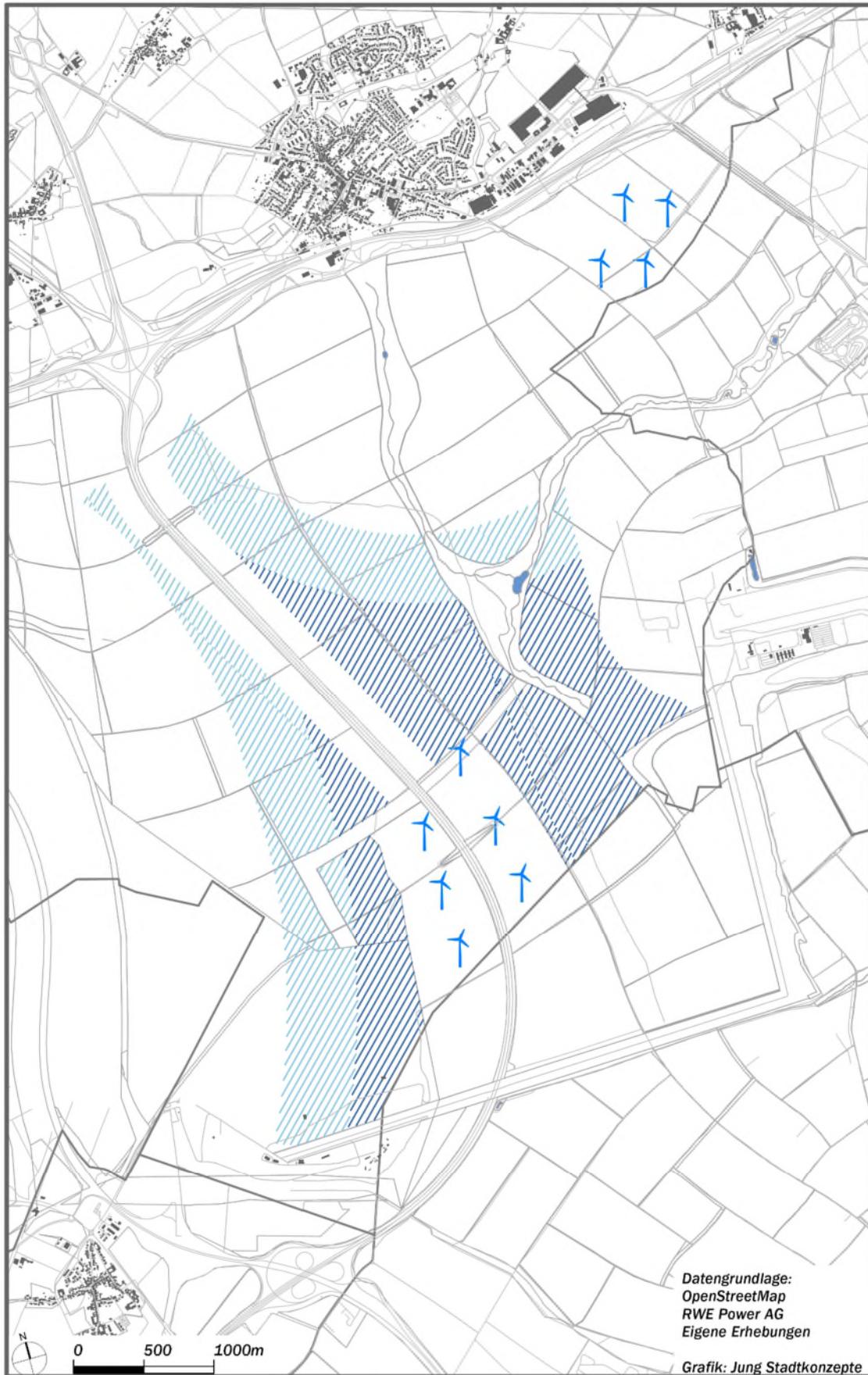


Abbildung 12: Wind-Szenario [12], [13], [30]

#### Legende

 Potenzialfläche für Windenergie (1000m Radius zu Siedlungen)

 Potenzialfläche für Windenergie (1500m Radius zu Siedlungen)

 Windenergieanlagen

*Legende zu Abbildung 12: Wind-Szenario*

### 4.2.2 EE-Mix Trend-Szenario

Dieses bereits umfangreichere, gleichzeitig aber noch vergleichsweise konservative Szenario, setzt auf einen Mix aus Wind- und Sonnenenergienutzung. Beim EE-Mix Trend-Szenario wurde angenommen, dass alle Potenzialflächen für Photovoltaikanlagen zu 50% berücksichtigt werden.

Bei den senkrecht aufgeständerten Agri-Photovoltaikanlagen, die diesem Szenario zugrunde gelegt werden, werden ein 40 Meter breiter Abstand zwischen den einzelnen Anlagen sowie drei Modulreihen übereinander angenommen. Aufgrund der hervorragenden Böden im Projektgebiet können die zur Verfügung stehenden Flächen auf diese Weise bestmöglich und flächenschonend bewirtschaftet werden, da die auf den großen Schlägen der rheinischen Bördelandschaft zum Einsatz kommenden Erntemaschinen aufgrund der großen Abstände zwischen den einzelnen Modulreihen kaum bei ihrer Arbeit beeinträchtigt werden.

Potenzialflächen für Windenergieanlagen mit einem Abstand von 1.500 Metern zu Siedlungen werden zu 100% berücksichtigt. Zudem wurde die erzeugte Energiemenge der vier vorhandenen Windenergieanlagen im Norden des Plangebietes sowie der sechs kürzlich errichteten Windenergieanlagen im Süden entlang der A 44n ebenfalls berücksichtigt. Das EE-Mix Trend-Szenario geht damit von einem potenziellen Energieertrag von 503 GWh/a pro Jahr aus.

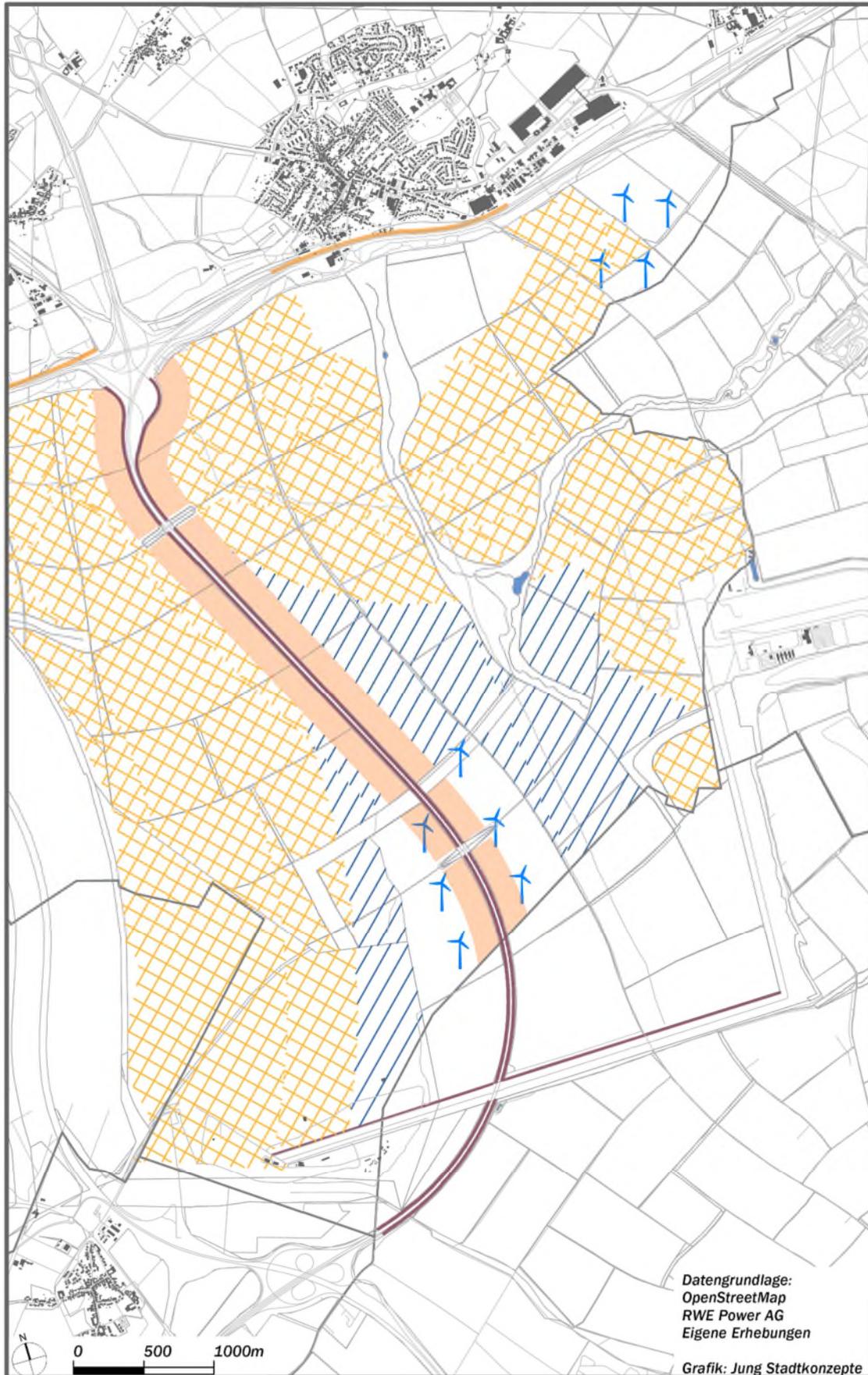


Abbildung 13: EE-Mix Trend Szenario [12], [13], [30]

#### Legende

-  Potenzialfläche für Windenergie  
(1500m Radius zu Siedlungen)
  
-  Potenzialfläche für Agri-Photovoltaik
  
-  Potenzialfläche für Photovoltaik  
(Autobahndamm, Bandtrasse, Lärmschutzwand)
  
-  Potenzialfläche für Agri-Photovoltaik im förderfähigen Randstreifen nach EEG
  
-  Potenzialfläche für Photovoltaik  
(Lärmschutzwand)
  
-  Windenergieanlagen

Legende zu Abbildung 13: EE-Mix Trend Szenario

### 4.2.3 EE-Mix Maximal-Szenario

Das EE-Mix Maximal-Szenario ist das ambitionierteste der im Konzept betrachteten Szenarien. Wie das EE-Mix Trend-Szenario berücksichtigt es sowohl Wind- als auch Sonnenenergienutzung, geht aber von einer umfassenderen Flächennutzung aus. Bei diesem Szenario wurde angenommen, dass alle Potenzialflächen für Photovoltaikanlagen und Windenergieanlagen zu 100% berücksichtigt werden.

Zudem ist angedacht, auf den Kranstellflächen Photovoltaikanlagen zu errichten und es wird eine Doppelnutzung von Windenergieanlagen und Photovoltaikanlagen angenommen, indem auf den Potenzialflächen für Windenergieanlagen zusätzlich Agri-Photovoltaikanlagen errichtet werden sollen. Die Agri-Photovoltaikanlagen werden in den Berechnungen mit einem Abstand von 40 Metern und drei senkrecht aufgeständerten Modulreihen übereinander angenommen. Das EE-Mix Maximalszenario geht somit von einem potenziellen Energieertrag von 785 GWh/a pro Jahr aus. Die folgende Abbildung zeigt die Flächenansätze des EE-Mix Maximal-Szenarios.

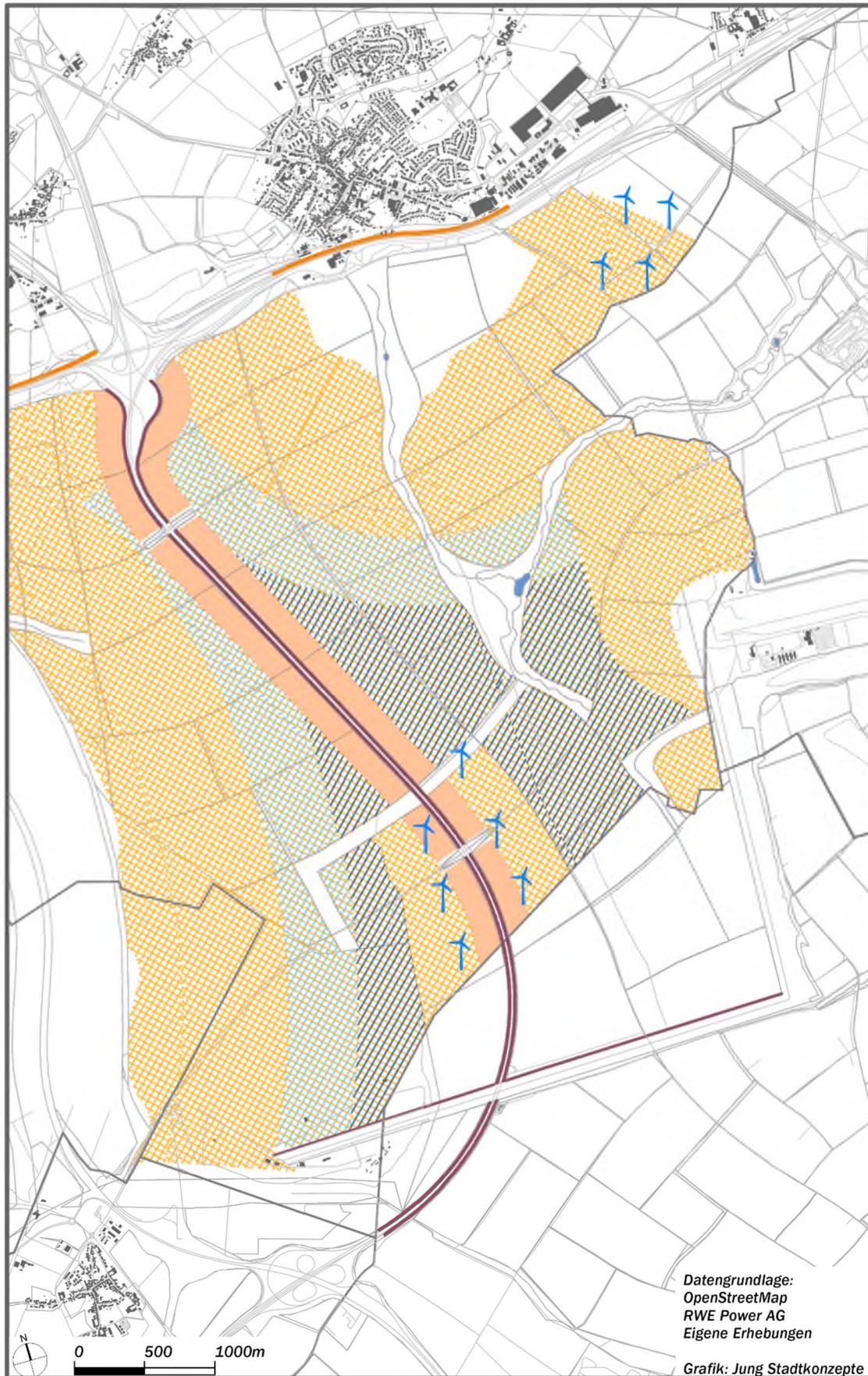


Abbildung 14: EE-Mix Maximal-Szenario [12], [13], [30]

## Legende

-  Überlagerung:  
Potenzialfläche für Windenergie und Potenzialfläche für Agri-Photovoltaik  
(1000m Radius zu Siedlungen)
-  Überlagerung:  
Potenzialfläche für Windenergie und Potenzialfläche für Agri-Photovoltaik  
(1500m Radius zu Siedlungen)
-  Potenzialfläche für Agri-Photovoltaik
-  Potenzialfläche für Photovoltaik  
(Autobahndamm, Bandtrasse, Lärmschutzwand)
-  Potenzialfläche für Agri-Photovoltaik im förderfähigen Randstreifen nach EEG
-  Potenzialfläche für Photovoltaik  
(Lärmschutzwand)
-  Windenergieanlage

Legende zu Abbildung 14: EE-Mix maximal Szenario

## 4.3 Stakeholderanalyse

Ziel der Stakeholderanalyse ist es, alle im Projektverlauf beteiligten Akteure, deren Beziehungen untereinander sowie die individuellen Bedarfe und Hemmnisse des gesamten Prozesses darzustellen. Für die Stakeholderanalyse wurden (projekt-)interne Interviews geführt, Konstellationsanalysen angefertigt und die Visions- und Perspektivwerkstätten analysiert und ausgewertet (siehe mehr zur Methodik in Kapitel 2).

### 4.3.1 Grundlagenanalyse und Akteure ermitteln

In einem ersten Schritt wurden daher für die erste Visions- und Perspektivwerkstatt diejenigen Akteure ermittelt, die für sämtliche vorbereitenden Prozesse in der Phase der Grundlagenermittlung von Bedeutung waren. Aufgrund der vorherrschenden Corona-Lage fanden alle Veranstaltungen online statt.

Ziel der ersten Visions- und Perspektivwerkstatt im Juni 2020 war es dabei, sich als Projektkonsortium vorzustellen, Akteure im Projektgebiet des Rheinischen Reviers kennenzulernen sowie deren Ziele und Bedarfe zu erfragen.

Zum einen wurden Akteure der Kommunalverwaltungen Jüchen, Grevenbroich, Mönchengladbach, Erkelenz, Titz und Bedburg als eine relevante Stakeholdergruppe identifiziert, um diese früh über das Projektgeschehen zu informieren. Für die stadtplanerischen Arbeiten im Projekt wurden für die Grundlagenermittlung sämtliche Informationen aus Bauleitplänen, Flächennutzungs- sowie Bebauungsplänen der Region zusammengetragen. Hierzu wurden verschiedene Akteure der Kommunalverwaltung, wie beispielsweise der Flächenplanung oder Wirtschaftsförderung der betroffenen Kommunen und Kreise, als relevante Stakeholder identifiziert. Für die Flächenplanung waren darüber hinaus Interessensvertreter der Energie- und Wirtschaftsbranche sowie aktuelle politische Entscheidungen bezüglich baurechtlicher Verfügungen von Bedeutung. Neben den verfügbaren Flächen sowie deren Beschaffenheit auf dem Projektgebiet waren für das Technologiescreening vor allem Interessensvertreter aus der Branche der Erneuerbaren Energien von

Bedeutung – dies können Verbände, Vereine oder sonstige Institutionen sein, die sich mit regenerativen Energien und Strukturwandelprozessen beschäftigen.

Im Folgenden werden die genannten Bedarfe und mögliche Hemmnisse von den Akteuren dargestellt, die an der ersten Visions- und Perspektivwerkstatt teilgenommen haben. Für zukünftige Projekte wird der Wunsch nach konkreten Bürgerbeteiligungen, die über rein ökonomische Aspekte hinausgehen, geäußert. Als Beispiel dafür werden Konzepte wie etwa Bürgerwindparks genannt. Durch eine solche Beteiligung können laut Auffassung der Teilnehmer Projekte in der Region positiv verankert und die allgemeine Akzeptanz gefördert werden. Die hohe Flächenkonkurrenz auf dem Gebiet des ehemaligen Tagebaus wird als zentrale Herausforderung genannt. Multicodierung und vielseitige Nutzung der im projektgebiet zur Verfügung stehenden Flächen sollte somit als übergeordnetes Ziel zukünftiger Projekte gesetzt werden. Zum Zeitpunkt der ersten Visions- und Perspektivwerkstatt (Juni 2020) wurde es als sehr schwierig eingestuft, Handwerker zum Ausbau von bspw. Photovoltaik-Anlagen auf regionaler Ebene zu finden. Die Dynamik in der Branche werde aktuell von vielen energiepolitischen Entscheidungen, wie der Aufhebung des „Solardeckels“ oder dem Kohleausstiegsgesetz, maßgeblich bestimmt. Die Förderung handwerklicher Betriebe für den Ausbau der erneuerbaren Energien wird zudem künftig als Voraussetzung und Chance für die regionale Wirtschaftsentwicklung wahrgenommen. Eine künftige Akteurskonstellation für den Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen sollte demnach eine qualifizierte regionale Handwerkerschaft umfassen.

Neben der Planung und Durchführung von neuen Projekten wird auch die Chance gesehen, im Projektgebiet bestehende Projekte in das Konzept zu integrieren. Zwei konkrete Beispiele sind hier das interkommunale Gewerbe- und Industriegebiet „Elsbachtal“ sowie der vorhandene Windpark südlich der Stadt Jüchen. Zudem bestehen bereits Überlegungen, einen Solarpark entlang der A 44n zu entwickeln. Die Probleme rund um die Flächenkonkurrenz auf den hervorragenden Böden des Projektgebietes werden auch in diesem Zusammenhang nochmals betont: Landwirtschaftliche Nutzung, Energieerzeugung, Siedlungsentwicklung sowie Freizeit und Naturschutz sind konkrete Bedarfe der Region. Etwa 30 km<sup>2</sup> (3.000 Hektar) des Stadtgebiets Jüchen stehen aktuell noch unter Bergrecht und es ist unklar, wann diese Flächen final freigegeben werden. Der hohe Flächendruck unterstützt die Relevanz von innovativen Projekten mit einer diversen Akteursstruktur. Bevor ein weitreichenderes energetisches Konzept erstellt wird, sollten außerdem die konkreten Bedarfe und eine mögliche Abnehmerschaft identifiziert werden.

Die Stakeholderanalyse wird durch eine Konstellationsanalyse visualisiert und dokumentiert. Die Konstellationsanalyse ist ein Instrument der inter- und transdisziplinären Forschung. Sie stellt die Beziehungen unterschiedlicher Akteure durch Akteure, Zeichen sowie natürlicher- und technischer Elemente mit- und untereinander dar. Die Konstellationsanalyse wird über den gesamten Projektverlauf erweitert und ergänzt.

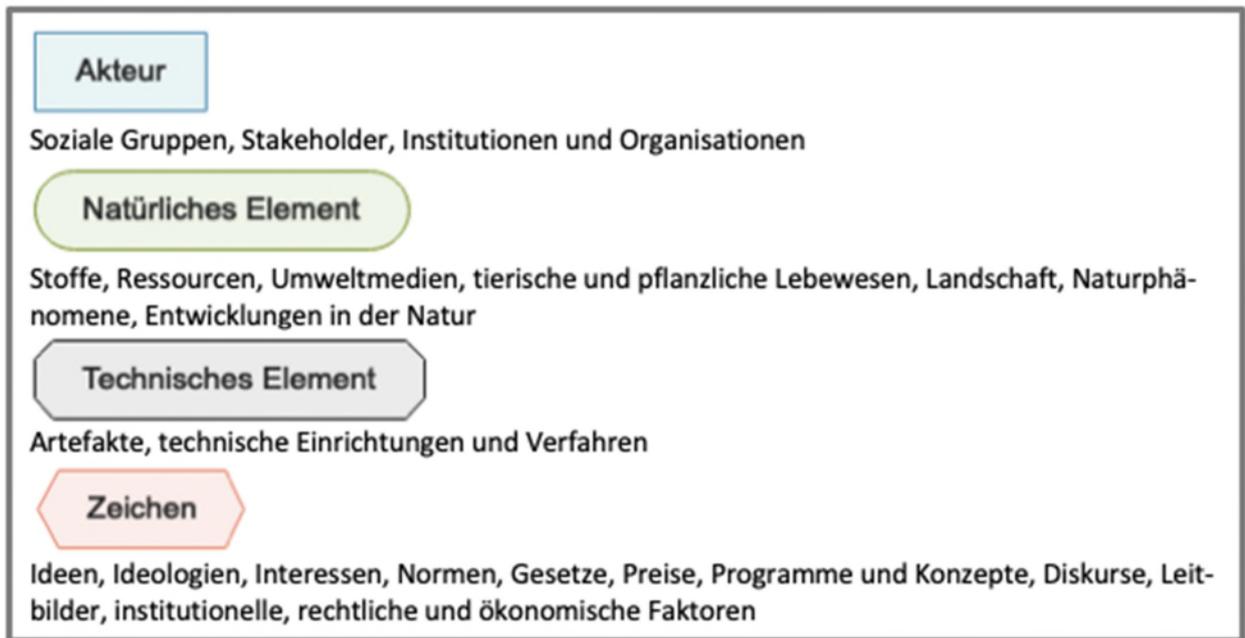


Abbildung 15: Elemente einer Konstellationsanalyse [32]

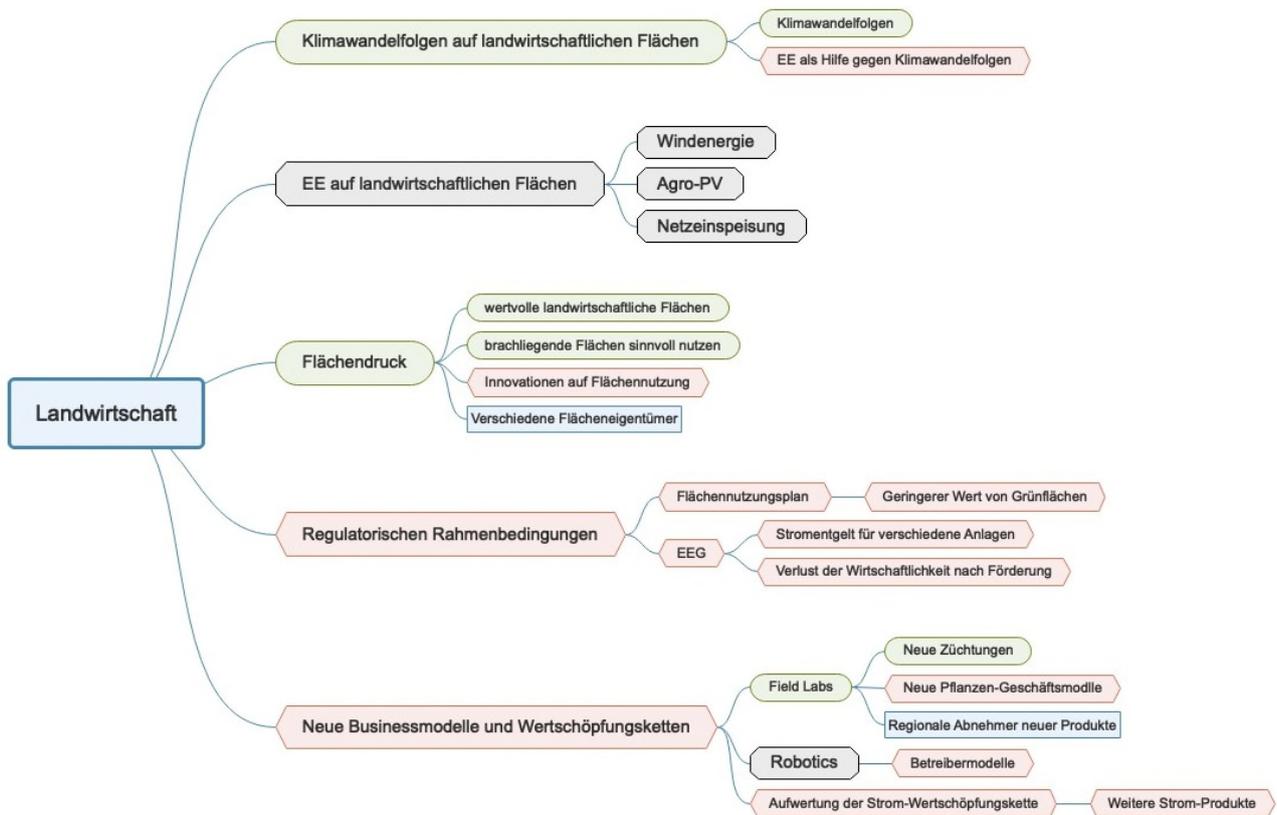


Abbildung 16: Auszug aus der Konstellationsanalyse

### 4.3.2 Perspektiven und Visionen ermitteln

Die zweite Visions- und Perspektivwerkstatt im November 2020 wurde in zwei Veranstaltungen aufgeteilt. Durch die besondere Relevanz der Landwirtschaft vor Ort wurde es für zielführend erachtet, eine eigene Veranstaltung für Vertreter der Landwirtschaft zu organisieren, um die konkreten Bedarfe und Hemmnisse dieser Akteursgruppe genau zu erfassen. Die Erkenntnisse dieser Veranstaltung wurden zur Strukturierung der darauffolgenden zweiten Visions- und Perspektivwerkstatt im großen Plenum genutzt.

Mittels des Workshops mit Vertretern der Landwirtschaft konnten intensive Eindrücke über die Stimmungslage, Sorgen und Bedarfe der Landwirte vor Ort gesammelt werden. Im Fokus stehen insbesondere der derzeitige Wissensstand zu den Möglichkeiten regenerativer Energieproduktion, die zentralen Bedenken der Landwirte sowie ihre Bereitschaft, Energieerzeugungsanlagen auf eigenen Flächen zu integrieren. Im Rahmen der Veranstaltung ging es nicht um konkrete Flächen des Projektgebietes. Als inhaltlichen Input wurden durch das Projektteam sowie externe Referenten verschiedene Forschungsprojekte und Reallaboransätze auf landwirtschaftlichen Flächen des Forschungszentrums Jülich sowie die Möglichkeiten technischer Potenziale zur regenerativen Energieerzeugung auf landwirtschaftlichen Flächen vorgestellt. Bisherige praktische Erfahrungen der Landwirtschaft haben verdeutlicht, dass die Energiewende mit ihren unterschiedlichen Energieerzeugungsformen nicht direkt als Chance oder mögliches Geschäftsfeld betrachtet wird und oftmals eine erneute Fremdnutzung der Flächen als weiterer Eingriff in eigene Handlungsspielräume interpretiert wird. Folgende Themenfelder wurden für die landwirtschaftlichen Vertreter als bedeutsam identifiziert:

1. Technische Potenziale von Erneuerbaren Energien auf landwirtschaftlichen Flächen wie Agri-PV und Windenergie
2. Klimawandelfolgen auf landwirtschaftlichen Flächen und EE als mögliche Maßnahme gegen diese
3. Flächendruck
4. Regulatorische Rahmenbedingungen, wie Flächennutzungspläne oder das EEG
5. Neue Businessmodelle und Wertschöpfungsketten – Kompensation von Ertragsausfällen, Field Labs, Robotics, Stromwertschöpfungskette durch Landwirtschaft aufwerten

Auf den identifizierten Themen aufbauend fand eine weitere Visions- und Perspektivwerkstatt mit dem breiten Stakeholderkreis statt. In drei Kleingruppen/Themenräumen wurden Ideen für kurz-, mittel- (Perspektiven) und langfristige (Visionen) Projekte zusammengetragen und diskutiert.

Im ersten Themenraum wurden mögliche Energieerzeugungsformen und Technologien besprochen. Die Teilnehmenden identifizieren Wind und PV als zentrale Technologien für das Projektgebiet. Für beide Erzeugungsarten gibt es unterschiedliche Anwendungsmöglichkeiten, die zum Teil zunächst in Pilotanlagen getestet werden sollten. Konkret wurden z.B. für den Bereich Solarenergie große Solarthermieanlagen mit Speicherkapazitäten, Freiflächen und Agri-PV sowie Floating-PV-Anlagen genannt. Wasserstoff wird als sinnvolles Speichermedium gesehen und erweitert die Nutzungsmöglichkeit der erzeugten Energie.

Als zentrale Hemmnisse werden die aktuellen Abstandsregelungen für Windenergieanlagen, hoher Bürokratieaufwand und rechtliche Unsicherheiten sowie die fehlende Sicherheit zur Praktikabilität neuerer Technologien genannt.

Im zweiten Themenraum wurden die Flächen im Projektgebiet besprochen, die zur Energieerzeugung geeignet sein könnten. Chancen und Potenziale werden hier in der Entfernung zu den bestehenden Siedlungen gesehen, da aus diesem Grund mit weniger Protesten seitens der Anwohnerschaft gerechnet wird. Weitere Chancen werden im Erhalt von Finanzmitteln durch Förderprogramme sowie der Dreifachnutzung der Fläche, durch Wind, PV und Landwirtschaft, gesehen. Die Multicodierung der Flächen wird als besonders innovativ erachtet. Ein Hemmnis wird in der insgesamt geringeren Sonneneinstrahlung in der Region – im Vergleich mit anderen Regionen Deutschlands – gesehen. Hierdurch wird die Wirtschaftlichkeit als geringer eingeschätzt und es werden Mehrkosten und ein erhöhter Förderbedarf bei Agri-PV gesehen.

Für die landwirtschaftlichen Betriebe werden der hohe Flächendruck und neue Geschäftsmodelle auf den Flächen kritisch gesehen. Ein besonderes Anliegen und zentrales Ziel der landwirtschaftlichen Betriebe ist es, die landwirtschaftliche Nutzung langfristig zu sichern. Ein weiteres Risiko wird in der Grundwasserneubildung gesehen. Weitere Hemmnisse werden im Bereich Natur- und Artenschutz, einem vorhandenen Flugplatz, Abstandsflächen zu den Autobahnen sowie in zukünftigen Trassen und der geplanten Siedlungsentwicklung südlich von Jüchen gesehen. Zudem müssen bei der Umzäunung der Agri-PV-Anlagen die Korridore der Wildtiere berücksichtigt werden. Eine ganzheitliche Strategie der Flächennutzung wird als besonders wichtig eingestuft, die energetischen und landwirtschaftlichen Aspekte sollten gleichermaßen mit der Landschaftsgestaltung und der Landschaftsästhetik berücksichtigt werden. Es sollte hierbei kein zu kleinteiliges räumliches Nutzungsmosaik entstehen.

Im dritten Themenraum wurden mögliche Betreiber- und Geschäftsmodelle für das Projektgebiet besprochen. Vor allem Geschäftsmodelle rund um das Thema Wasserstoff werden als große Chance für das Projektgebiet und die gesamte Region wahrgenommen. Eine gut entwickelte Wasserstoffinfrastruktur biete Möglichkeiten für den Wärme- und Mobilitätsmarkt sowie für den internationalen Import/Export. Besonders große Chancen werden im lokalen Mobilitätsmarkt, bspw. bei lokalen Verkehrsbetrieben sowie der günstigen Autobahnanbindung gesehen. Hier könnte eine Art Mobilitätshub entstehen. Für die Etablierung von Geschäftsmodellen sollten die konkreten lokalen Erzeugungs-, Transport- und Abnahmekapazitäten von Strom und Wärme ermittelt werden. Hemmnisse werden vor allem auf der regulatorischen Seite gesehen. Langjährige Planungs- und Genehmigungsverfahren sowie die teilweise unsichere gesetzliche Lage werden als große Hürden für Geschäftsmodellinnovationen wahrgenommen.

Die in der Werkstatt ermittelten Visionen und Perspektiven sowie die dazugehörigen Akteure können entlang eines Zeitstrahls dargestellt werden. Gesetzliche Vorgaben dienen dabei als ständige, konstituierende Rahmenbedingungen.

Der Zweckverband, die (Stadt-)Verwaltung(en) sowie Flächeneigentümer werden für sämtliche kurz- bis mittelfristige Projekte aktive Stakeholder sein. Je nach Projekt gibt es auf dem Projektgebiet eine ganze Reihe zu aktivierende Akteure, wie bspw. Energieabnehmer oder lokale Betriebe.



Abbildung 17: Akteursentwicklung

### 4.3.3 Evaluierung und Weiterentwicklung von Projektideen

Auf Grundlage der Ergebnisse aus den vergangenen Veranstaltungen wurden in der dritten Visions- und Perspektivwerkstatt im April 2021 die vom Projektteam entwickelten konkreten Projektideen (vgl. Kapitel 5) mit den Stakeholdern besprochen. In dieser Werkstatt wurde neben konkreten Projektideen auch die übergeordnete Vision für den Innovationspark (weiter-)entwickelt.

Zentrales Ziel des Projektraums „Zielbilder und ihre Pfade“ war die Entwicklung von übergeordneten Visionen und Szenarien für das Projektgebiet. Hier besprochene Pfade sollen integrativ, visionär, nachhaltig und innovativ sein. Die Gruppe bespricht mögliche Meilensteine für das Projekt bis zum Jahr 2050. Planungssicherheit (in Regularien und rechtlichen Rahmenbedingungen) und Vertrauen in die relevante Akteurschaft werden als die zentralen Rahmenbedingungen und Enabler für einen zukunftssicheren Strukturwandel genannt und als Strategie, um Institutionen handlungsfähig zu machen. Neben technischen Innovationen werden auch eine ganze Reihe von sozialen Innovationen im Projektgebiet erwartet. Neue Akteurskonstellationen und Geschäftsmodelle ermöglichen so eine innovative und nachhaltige Zukunft. Diese künftigen Akteurskonstellationen bestehen aus Landwirtschaft, öffentlichen Einrichtungen und Verwaltungen, Industrie und Handwerk, Energiewirtschaft, Bürgerinnen und Bürgern sowie Unternehmen. Aus diesen Konstellationen heraus sollten neue Produkte und Dienstleistungen resultieren. Langfristig soll die Region durch die Projektlandschaft wirtschaftlich attraktiv und von hoher Lebensqualität geprägt sein.

Im Projektraum „Energiewirtschaft“ bezogen sich die Fragestellungen auf die Vereinbarkeit von Landwirtschaft, Agri-Photovoltaik und Windenergie auf den Flächen des Projektgebiets. Die

energetische Nutzung von PV ist vor Ort um 20 bis 40-fach besser als bspw. der Biomasseanbau. Es bleibt dennoch die Frage, ob die Energiegewinnung auf den hochproduktiven landwirtschaftlichen Flächen ohne eine allzu starke Verringerung der Nahrungsmittelproduktion möglich ist. Vor allem die mittel- bis langfristig absehbaren Klimawandelfolgen müssen für die Landwirtschaft noch weiter erforscht werden. Bereits heute ist abzusehen, dass künftig neue Bewässerungsmöglichkeiten für die Landwirtschaft wichtig werden. Bei Projekten zu Agri-PV-Anlagen müssen die optimalen Abstände zwischen den Anlagen noch ermittelt werden. Die Gruppe formuliert folgende Meilensteine: Erste Pilotprojekte unter Realbedingungen sollten auf Flächen unter gleichen Konditionen realisiert werden. Anschließend sollten die Verfahren zu Projektgenehmigungen und Ausschreibungen erleichtert und der Zielgruppe zugänglich gemacht werden. Vertriebsmodelle, wie Power-Purchase-Agreements könnten ein interessantes Geschäftsmodell für Energieabnehmer in der Region darstellen und sollten daher weiter ausgearbeitet werden.

Im Projektraum „Siedlungs- und Gewerbegebietsentwicklung“ war die zentrale Fragestellung, wie ganzheitliche Planungen von Energieversorgungssystemen gestaltet werden sollten. Auf dem Projektgebiet stehen kurzfristig zwei konkrete Bauvorhaben an: Die Siedlungsentwicklung Jüchen Süd und das interkommunale Gewerbe- und Industriegebiet „Elsbachtal“. Neben den rechtlichen Vorgaben sollten bei den Planungen bereits innovative Energie-Technologien, wie Dachflächen- oder Wand-PV-Anlagen, Wasserstofftechnologien oder Geothermieanlagen integriert werden.

Im Projektraum „Solarautobahn und Green Energy Hub“ wurden die Rahmenbedingungen und technologischen Möglichkeiten für nachhaltige Mobilitätsinfrastrukturen besprochen. Konkret geht es neben der Nutzung von Flächen entlang der Autobahn, die bspw. für Solaranlagen genutzt werden können, um die Errichtung eines Green Energy Hubs / Autohofs der Zukunft für sämtliche Anforderungen zukünftiger Mobilitätstechnologien (wie E- oder Wasserstoffmobilität), der als Enabler dienen soll.

## **4.4 Energetische Analyse**

Als Basis für die weitere Ausarbeitung wird parallel zur räumlichen und zur Stakeholderanalyse das Projektgebiet hinsichtlich der energetischen Ausgangssituation erfasst. Dafür werden im ersten Schritt die bereits bestehenden Erzeugungskapazitäten ermittelt. Darauf folgt die Analyse der Energiebedarfe und der wesentlichen Verbraucher heute und in Zukunft.

### **4.4.1 Erzeugung im Projektgebiet**

Die Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien beschränkt sich im Projektgebiet aktuell auf Windenergieanlagen. Es konnten keine Freiflächenphotovoltaik- (PV-FFA) oder Biomasseanlagen ermittelt werden. Photovoltaikanlagen auf Dächern wurden nicht in die Bestandsanalyse einbezogen.

Die Standorte der Windenergieanlagen (WEA) sind in Abbildung 12 (siehe S. 30) zu erkennen. Die Daten der WEA sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Bei den Anlagen 1-4 handelt es

sich um die 4 WEA im Norden des Projektgebiets, welche sich direkt an der A 46 befinden. Dementsprechend sind die WEA 5 – 10 die WEA links und rechts der A 44. Insgesamt beläuft sich nach Fertigstellung der WEA 5 – 10 die installierte Leistung auf 40,6 MW. Simulationen auf Basis dieser Daten ergeben einen Jahresertrag von rund 111 GWh.

*Tabelle 1: Daten der Windenergieanlagen im Projektgebiet*

WEA	Typ	Leistung [kW]	Inbetriebnahme
1 - 4	REpower 3.4M104-3.400	3400	2012
5 - 10	Nordex N149/4500 TCS	4500	2020 - 2021

#### **4.4.2 Energienachfrage im Projektgebiet**

Um im späteren Projektverlauf eine Aussage über den Beitrag des Konzeptes zur regionalen Energiewende treffen zu können, muss neben der bestehenden Erzeugungskapazität auch die Energienachfrage ermittelt werden. Bei den hierfür durchgeführten Untersuchungen wurde deutlich, dass hierzu nur wenige Daten vorliegen. Vor allem im Bereich der Wärmenachfrage und hinsichtlich der sektorspezifischen Energienachfrage bestehen deutliche Lücken.

Einen ersten Anhaltspunkt bieten die Daten des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) zum kommunalen Strombedarf <sup>1</sup>. Dieser ist für die vier Zweckverbandkommunen, Mönchengladbach, Erkelenz, Jüchen und Titz in Abbildung 18 dargestellt. Jüchen als Stadt, in der sich das Projektgebiet befindet, weist mit 187 GWh/a den drittgrößten Strombedarf im Zweckverbandsgebiet auf.

<sup>1</sup> Der Strombedarf basiert auf dem Pro-Kopf-Stromverbrauch NRW und den Einwohnerzahlen aus dem Vorjahr. Es handelt sich demnach nicht um den realen Stromverbrauch.

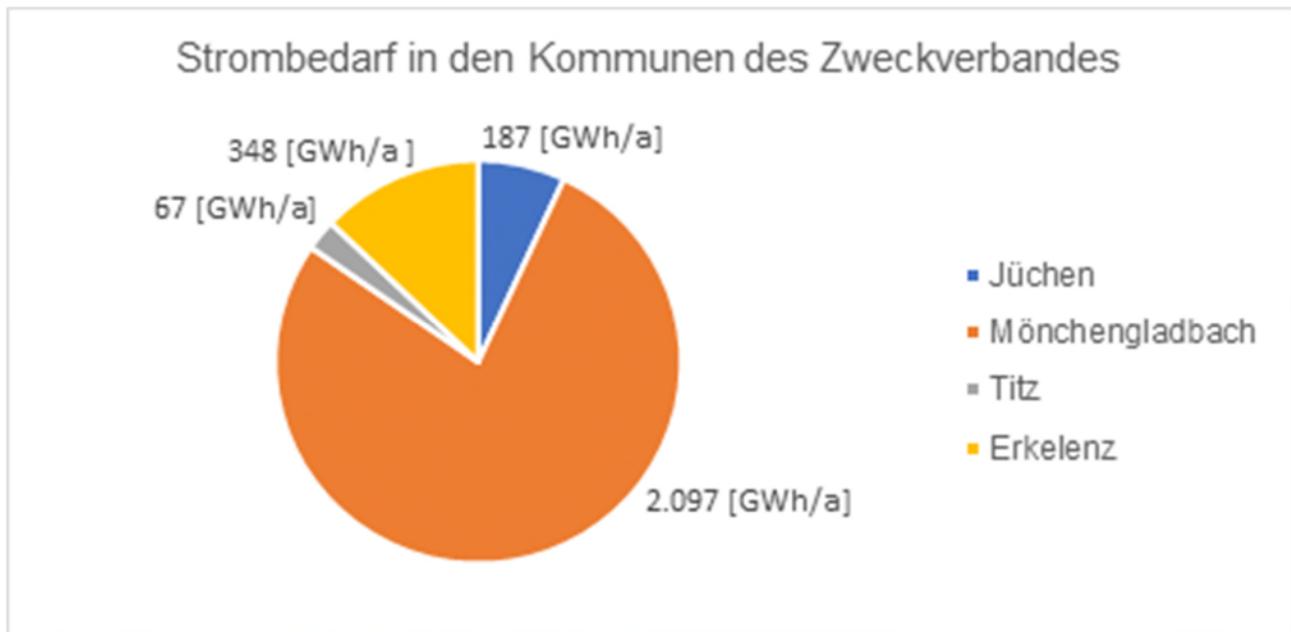


Abbildung 18: Strombedarf in den Kommunen des Zweckverbandes (Stand 2017) [33]

Es ist aber davon auszugehen, dass sich der Bedarf in Zukunft verändern wird. Auch wenn Einsparungen durch Maßnahmen wie Sanierungen möglich sind, kommen neue Verbraucher hinzu. Zum einen wird die Anzahl der Haushalte durch die Siedlungserweiterung Jüchen Süd (Abbildung 10 orangene Schraffur) ansteigen. Zum anderen wird sich auch der Sektor Gewerbe und Industrie durch die zwei geplanten beziehungsweise möglichen interkommunalen Gewerbegebietsentwicklungen (Abbildung 10 lila Schraffur) vergrößern. Neben den baulichen Erweiterungen führen technologische Veränderungen, wie die steigende Anzahl an batterieelektrischen Fahrzeugen sowie der Wechsel zu Wärmepumpen zur Bereitstellung thermischer Energie in den Haushalten, zu einer Veränderung des elektrischen Bedarfs.

Die vorliegenden Daten geben keine Auskunft über die Verteilung des Strombedarfs auf die Sektoren und lassen so auch keine Rückschlüsse auf die Bedarfe in den aufgeführten noch zu entwickelnden Gebieten zu. Um trotzdem eine Aussage zu dem zusätzlichen Strombedarf treffen zu können sowie eine Grundlage für die Modellierung möglicher Energiesysteme in den Bereichen zu schaffen, wurden die Bedarfe auf Basis der Flächen und der angestrebten zukünftigen Nutzung ermittelt.

Für die Gewerbegebietsentwicklungen wird davon ausgegangen, dass sich produzierende und verarbeitende Gewerbebetriebe sowie Logistikbetriebe dort ansiedeln werden. Um den Energiebedarf ausgehend von der Fläche bestimmen zu können, müssen flächenspezifische Werte für den Energieverbrauch ermittelt werden. Laut Endbericht zum Energieeffizienz-Benchmarking des Umweltbundesamtes und der österreichischen Energieagentur, in dem verschiedene Erhebungen zum Energiebedarf in unterschiedlichen Branchen ausgewertet werden, weisen diese Werte große Spannbreiten sowohl zwischen als auch innerhalb der Branchen auf [34].

Belastbarer scheinen daher die Angaben des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung zum Energieverbrauch von Nichtwohngebäuden [35]. Dort fällt die Einteilung der Gewerbebranchen weniger detailliert aus. Somit können für die geplanten Nutzungen die Werte der

Kategorie „Gewerbliche und industrielle Hallen – schwere Arbeiten, stehende Tätigkeiten“ oder für „Lagerhallen, Logistikhallen“ herangezogen werden. Für jede dieser Kategorie finden sich in der Publikation Teilenergiekennwerte für Heizung, Warmwasser, Beleuchtung, Luftförderung, Kühlkälte, Hilfsenergiekälte, Be- und Entfeuchtung sowie für Arbeitshilfen. Diese werden zusätzlich für fünf Energieaufwandsklassen (EAK) von sehr hoch bis sehr gering ausgewiesen. Ausgehend von der Annahme, dass der Stromverbrauch sich aus allen Teilenergiekennwerten außer denen für Heizung und Warmwasser zusammensetzt, ergeben sich für die beiden Nutzungen - Gewerbe und Logistik - die folgenden Werte innerhalb der Energieaufwandsklassen hoch und gering:

*Tabelle 2: Flächenspezifischer Stromverbrauch für Gewerbe und Logistik [35]*

Energieaufwandsklasse	Gewerbe	Logistik
hoch	245 [kWh/m <sup>2</sup> ]	70 [kWh/m <sup>2</sup> ]
gering	113 [kWh/m <sup>2</sup> ]	24 [kWh/m <sup>2</sup> ]

Dementsprechend ergibt sich der Wärmebedarf für die beiden Nutzungen aus den Teilenergiekennwerte für Heizung und Warmwasser. Laut BBSR wird hier keine Prozesswärme berücksichtigt. Tabelle 3 fasst den Wärmebedarf zusammen.

*Tabelle 3: Flächenspezifischer Wärmebedarf für Gewerbe und Logistik [35]*

Energieaufwandsklasse	Gewerbe	Logistik
hoch	174 [kWh/m <sup>2</sup> ]	127 [kWh/m <sup>2</sup> ]
gering	59 [kWh/m <sup>2</sup> ]	35 [kWh/m <sup>2</sup> ]

Unter der Annahme einer laut Baunutzungsverordnung maximal möglichen Bebauungsdichte (Grundflächenzahl 0,8) ergeben sich in Abhängigkeit von den Anteilen von Gewerbe und Logistik, die in Tabelle 4 und Tabelle 5 aufgeführten Gesamtenergieverbräuche für die beiden Gewerbegebietsentwicklungen.

Tabelle 4: Energieverbrauchsszenarien Gewerbegebietsentwicklung „Elsbachtal“

	Gewerbe- und Industriegebiet „Elsbachtal“ Nettobauland 41 ha			
	70% Gewerbe, 30 % Logistik		100 % Gewerbe, 0% Logistik	
	EAK hoch	EAK niedrig	EAK hoch	EAK niedrig
Strom [MWh/a]	64514	28922	82108	37870
Wärme [MWh/a]	53588	17360	58314	19773
Gesamt [MWh/a]	118102	46282	140422	57643

Tabelle 5: Energieverbrauchsszenarien mögliche Gewerbegebietsentwicklung im Süden des Tagebaus Garzweiler

	Mögliche Gewerbegebietsentwicklung im Süden des Tagebaus Garzweiler Nettobauland 35 ha			
	70% Gewerbe, 30 % Logistik		100 % Gewerbe, 0% Logistik	
	EAK hoch	EAK niedrig	EAK hoch	EAK niedrig
Strom [MWh/a]	53900	22148	68600	31640
Wärme [MWh/a]	44772	14504	48720	16520
Gesamt [MWh/a]	98672	36652	117320	48160

Es wird deutlich, dass der höchste Verbrauch bei einer 100% gewerblichen Auslastung zu erwarten ist. Die beiden EAK wurden ausgewählt, um das Spektrum zwischen wenig effizient und effizient ausgestatteten Betrieben deutlich zu machen. Hinzu kommt, dass das interkommunale GIB „Elsbachtal“ erst im Zeitraum ab 2023/2024 und die mögliche Gewerbegebietsentwicklung im Süden des Tagebaus Garzweiler erst ungefähr ab 2030 realisiert werden sollen. Da es sich somit jeweils um Neubauten handelt wird, kann davon ausgegangen werden, dass diese unter Berücksichtigung von Energieeffizienzmaßnahmen geplant werden. Dies wird durch die EAK „gering“ abgebildet.

Der zusätzliche Energiebedarf, der durch die Siedlungserweiterung Jüchen Süd entstehen wird, wird auf Basis der geplanten Anzahl von 1500 Wohneinheiten beziehungsweise Haushalten ermittelt. Abbildung 19 zeigt den berechneten Bedarf aufgeteilt nach Sektoren.

Laut BMWi beträgt der durchschnittliche Strombedarf eines Haushaltes in Deutschland 2801 kWh pro Jahr. Somit ergibt sich für Jüchen Süd ein jährlicher Gesamtstrombedarf von etwa 4200 MWh. Der Energiebedarf für Heizung ergibt sich aus der Annahme, dass die Neubauten in Jüchen Süd, welche zwischen 2040 und 2065 realisiert werden sollen, mindestens dem aktuellen Passivhausstandard entsprechen. Für diesen gilt ein maximaler jährlicher Heizwärmebedarf von 15

kWh/m<sup>2</sup>. Bei einer durchschnittlichen Haushaltgröße von 93 m<sup>2</sup> ergibt sich somit der jährlich Heizwärmebedarf von 2090 MWh. Für den Warmwasserbedarf wird basierend auf den Auswertungen des BBSR ein durchschnittlicher Bedarf von 11 kWh/m<sup>2</sup> basierend angenommen. Somit ergibt sich für diesen Sektor ein jährlicher Gesamtbedarf von etwa 1535 MWh.

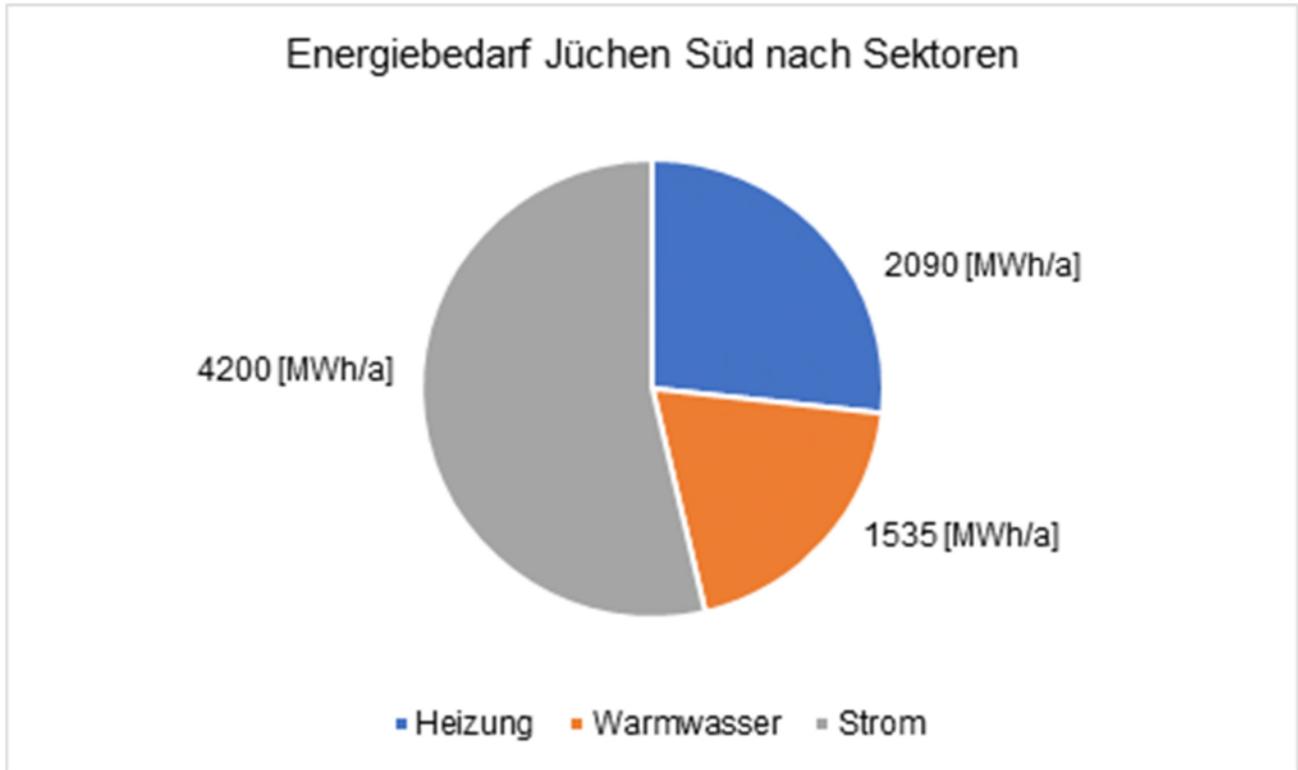


Abbildung 19: Energiebedarf Jüchen Süd nach Sektoren

## 5 Konzept und Teilprojekte

Die durchgeführten Ertragsberechnungen und Simulationen haben in Kombination mit der räumlichen Analyse gezeigt, dass sich die landwirtschaftlichen Flächen, die das Projektgebiet prägen, hervorragend für Wind- und PV-Projekte eignen, wenn es gelingt, die Vereinbarkeit von Energieerzeugung und landwirtschaftlicher Nutzung zu gewährleisten. Als Abnehmer der erzeugten Energie bieten sich die zukünftigen Gewerbe- und Siedlungsbereiche an. Hier zeigen sich große Potenziale in der Entwicklung von nachhaltigen Energiesystemen, die als Blaupause für weitere Projekte im Rheinischen Revier dienen können.

Durch die durchgeführten Visions- und Perspektivwerkstätten wurde deutlich, dass neben der Landwirtschaft auch weitere Stakeholdergruppen Bedarfe an die Tagebaufolgelandschaft haben und eine stärkere Einbeziehung in die zukünftigen Projekte wünschen. Dies nicht nur als Abnehmer und Nutzer von innovativen Energielösungen, sondern beispielsweise auch als Anbieter von technischen Komponenten und Dienstleistungen. Der Strukturwandel nimmt nicht nur Einfluss auf die Landschaft, er beeinflusst auch die lokalen Wertschöpfungsketten.

Durch die Untersuchungen konnten sowohl Potenzialflächen für die Energieerzeugung aus Wind- und Solarenergie als auch mögliche Standorte und Konzeptideen für nachhaltige Energiesysteme im Gewerbe-, Mobilitäts- und Siedlungsbereich identifiziert werden. In Abbildung 20 sind diese Ergebnisse als die Teilprojekte 1 – 5 räumlich eingeordnet. Der Plan fasst das Konzept integriert zusammen und bündelt die einzelnen Maßnahmen, Teilprojekte und Technologien zu einem räumlichen Bild des Innovationsparks Erneuerbare Energien Jüchen. Dieses stellt einen möglichen Ausbauzustand dar – fußend auf den ermittelten Szenarien des Kapitels 4.2. Für den hier dargestellten Realisierungsstand wird beispielhaft von den im Maximalszenario dargestellten Potenzialen ausgegangen. Die Potenzialflächen für PV-Anlagen werden hier nur zu 50% berücksichtigt, da eine Vollbelegung der Potenzialflächen mit PV-Modulen zu Nutzungskonflikten führen würde und als unwahrscheinlich eingeschätzt wurde.

Übergeordnetes Ziel ist es, ein zusammenhängendes Energiesystem und eine Energielandschaft zu schaffen, die schrittweise mit der fortschreitenden Flächenrekultivierung wachsen können. Die Teilprojekte werden in den nachfolgenden Kapiteln näher erläutert. Ihre Umsetzung ist bedingt durch Rekultivierungs- und Planungsprozesse zeitlich gestaffelt.

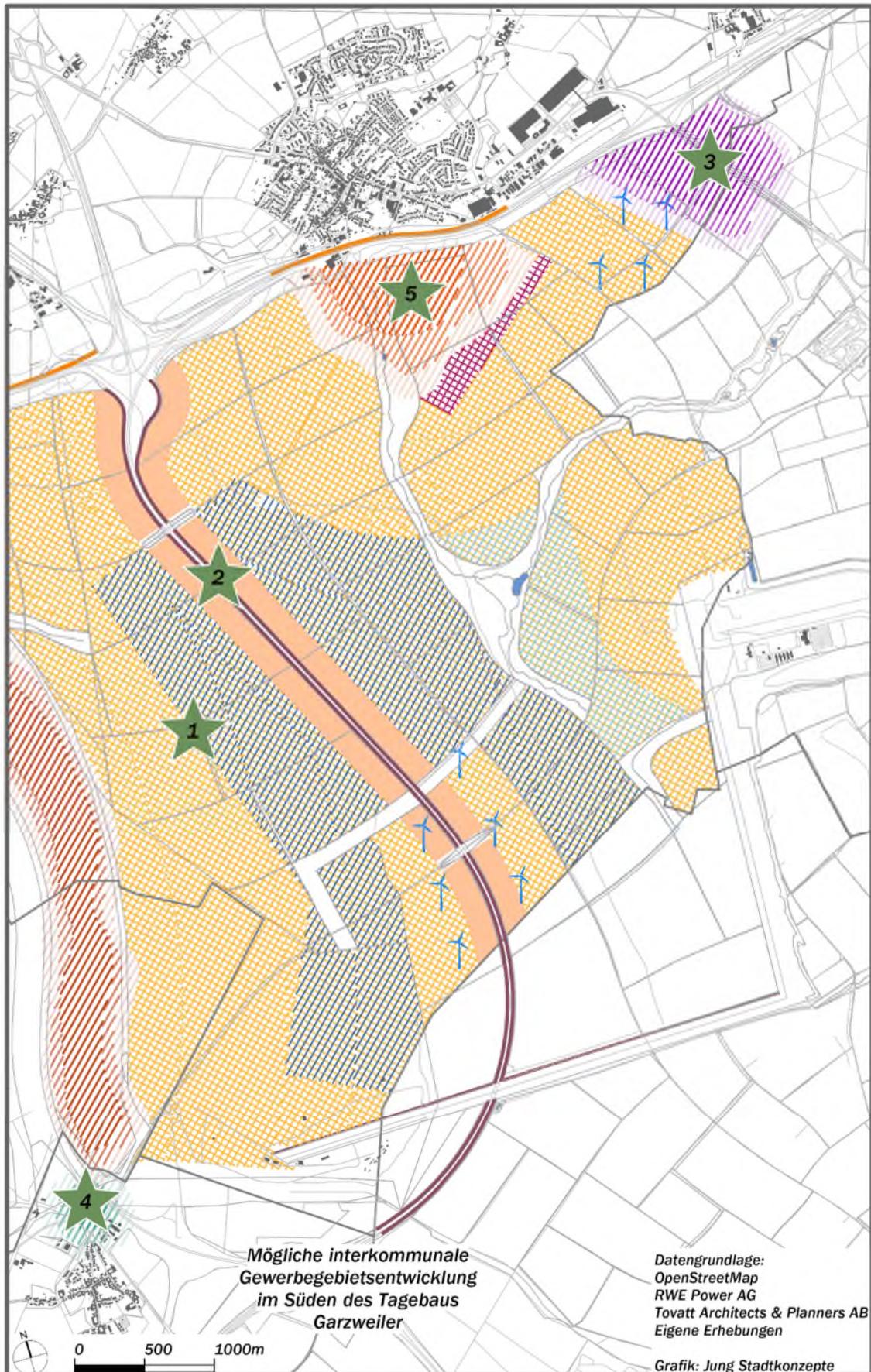


Abbildung 20: Konzept und Teilprojekte im Plangebiet [12]–[14], [30]

## Teilprojekte

- 1  **Energielandschaft**
- 2  **Solarautobahn**
- 3  **Energiesystem Gewerbe- und Industriegebiet Elsachtal**
- 4  **Autohof der Zukunft - Green Energy Hub (Standort noch nicht abschließend geklärt)**
- 5  **Energiekonzept Stadtentwicklung Jüchen Süd**

## Legende

-  **Überlagerung:**  
*Potenzialfläche für Windenergie und Potenzialfläche für Agri-Photovoltaik*
-  **Überlagerung:**  
*Potenzialfläche für ergänzende Windenergiefläche und Potenzialfläche für Agri-Photovoltaik*
-  **Potenzialfläche für Agri-Photovoltaik**
-  **Potenzialfläche für Agrothermie**
-  **Potenzialfläche für Photovoltaik (Autobahndamm, Bandtrasse, Lärmschutzwand)**
-  **Potenzialfläche für Agri-Photovoltaik im förderfähigen Randstreifen nach EEG**
-  **Potenzialfläche für Photovoltaik (Lärmschutzwand)**
-  **Potenzialfläche Autohof der Zukunft - Green Energy Hub**
-  **Geplante Siedlungserweiterung**
-  **Entwicklung des Ostufers (mögliche Siedlungsentwicklung/touristische Entwicklung)**
-  **Geplante interkommunale Gewerbegebietentwicklung**
-  **Windenergieanlagen**

*Legende zu Abbildung 20: Konzept und Teilprojekte im Plangebiet*

## 5.1 Energielandschaft

Das Projektgebiet wird durch die landwirtschaftlich rekultivierten Tagebaufolgeflächen dominiert. Ziel des Teilprojektes Energielandschaft ist es, diese Flächen für die regenerative Energieerzeugung zu nutzen und so die ermittelten Potenziale (vgl. Kapitel 4.1.3) möglichst auszuschöpfen. Dabei sollen die Belange der Landwirtschaft berücksichtigt sowie die landwirtschaftliche

Qualität der Flächen erhalten werden. Hierfür sind neue Ansätze zur Mehrfachnutzung von Flächen und eine enge Abstimmung mit der Landwirtschaft notwendig. Die wesentlichen Bestandteile der Energielandschaft, welche im Folgenden näher beschrieben werden, sind:

- Windenergieanlagen
- Agri-Photovoltaik (APV)
- PV auf Kranstellflächen

Aus den Szenarien und Potenzialen, die unter Punkt 4.1.3 und 4.1.4 beschrieben sind, ergibt sich die Abbildung 20 dargestellte finale Aufteilung des Projektgebiets. Der Abbildung können die Flächen für Windenergie und APV entnommen werden.

Ein entscheidendes Merkmal der Energielandschaft ist, dass Windenergie- und Photovoltaikanlagen als Hybridkraftwerk umgesetzt werden. Im kleinen Maßstab wird dies durch die PV-Anlagen auf den Kranstellflächen realisiert. Gleichzeitig sollen aber auch APV und Windenergie im Verbund umgesetzt werden. Das bedeutet, dass die Flächen, auf denen Windenergieanlagen realisiert werden können, auch als Potentialflächen für APV angesehen werden.

Die hybride Umsetzung von Wind und PV wird bereits in der Studie Erneuerbare Energien-Vorhaben in den Tagebauregionen des BMWi als wichtiger und innovativer Ansatz für die Folgenutzung von Tagebauregionen aufgeführt [36]. Dort wird aber auch deutlich, dass das Potenzial für die dort angedachte Variante aus Windenergieanlagen und klassischen PV-FFA im Rheinischen Revier geringer ist, als in den anderen Tagebauregionen [36]. Grund dafür sind unter anderem die hochwertigen Böden im Rheinischen Revier. Die Anwendung von APV schafft hier eine gebietsverträgliche Alternative.

Die erzeugte Energie kann mittelfristig durch die umliegenden Teilprojekte abgenommen werden und dort als Basis für die geplanten, innovativen und sektorenübergreifenden Energiesysteme dienen. Weiterhin besteht die Möglichkeit, Überschüsse einzuspeisen. Insgesamt trägt die Energielandschaft im Sinne der angestrebten Entwicklung des Rheinischen Reviers zur Energiemodellregion zur Erhöhung des EE-Anteil im regionalen Strommix bei.

### **5.1.1 Windenergie**

Windenergie ist eine wesentliche Komponente der Energielandschaft. Der Vorteil der Windenergieanlagen liegt in dem geringen Flächenbedarf für Fundament und Kranstellfläche von etwa 2600 m<sup>2</sup> pro Anlage bei gleichzeitig hohen Jahreserträgen [37]. Unter Berücksichtigung der voraussichtlichen technologischen Entwicklung ist in Zukunft mit Anlagengrößen bis zu 6 MW zu rechnen [36]. Unter den im Projektgebiet gegebenen Bedingungen führt dies laut der durchgeführten Simulation mit dem Anlagentyp Nordex N149-5700 zu Jahreserträgen von etwa 23.000 MWh pro Anlage. Tabelle 6 fasst die Potenziale für Windenergie auf Basis der finalen Flächenaufteilung (vgl. Abbildung 20) zusammen.

Tabelle 6: Potenzielle Windenergie

Fläche	Anzahl WEA	Ertrag [GWh/a]
Potenzialfläche Windenergie	12	280
Mögliche ergänzende Windenergiefläche	2	47

Hinsichtlich der installierten Leistung wäre der Windpark auf der Potenzialfläche vergleichbar mit dem Windpark Königshovener Höhe, der sich in direkter Nachbarschaft befindet. Aufgrund der höheren Nennleistung der zukünftigen Anlagen würde für den Windpark im IEEJ allerdings nur 50% der WEA benötigt. Dies schont das Landschaftsbild und kann akzeptanzfördernd wirken.

### 5.1.2 Agri-Photovoltaik

Die zweite Technologie, die in der Energielandschaft zum Einsatz kommen soll, ist die Agri-Photovoltaik (APV). APV ermöglicht im Gegensatz zu konventionellen Freiflächenphotovoltaikanlagen (PV-FFA) eine Doppelnutzung von Flächen sowohl für den Ackerbau als auch für die Energieerzeugung [38]. Um dies zu erreichen, werden die PV-Module horizontal in bis zu 8 Metern Höhe oder vertikal montiert. Abbildung 21 zeigt beide Konzepte.



Abbildung 21: APV Konzepte (links: Horizontale Aufständerung - Forschungsanlage Heggelbach [39], rechts: vertikale Aufständerung - Anlage der Firma Next2Sun [40])

Aufgrund der Größe der landwirtschaftlichen Maschinen, die typischerweise im Projektgebiet eingesetzt werden, erweist sich die vertikale Ausführung als sinnvoll. Durch eine Vergrößerung des sonst auf Grünland üblichen Reihenabstands von etwa 10 m auf 40 m, kann sichergestellt werden, dass auch große landwirtschaftliche Gerätschaften und Werkzeuge weiterhin eingesetzt werden können. Allerdings führt die Vergrößerung des Reihenabstands zu einer Minderung des flächenspezifischen Ertrags. Um diesem Effekt entgegen zu wirken, kann die Anzahl der Modulreihen von zwei auf drei erhöht werden. Abbildung 22 stellt die flächenspezifischen Erträge der Kombination von Reihenabstand und Modulreihenanzahl gegenüber.

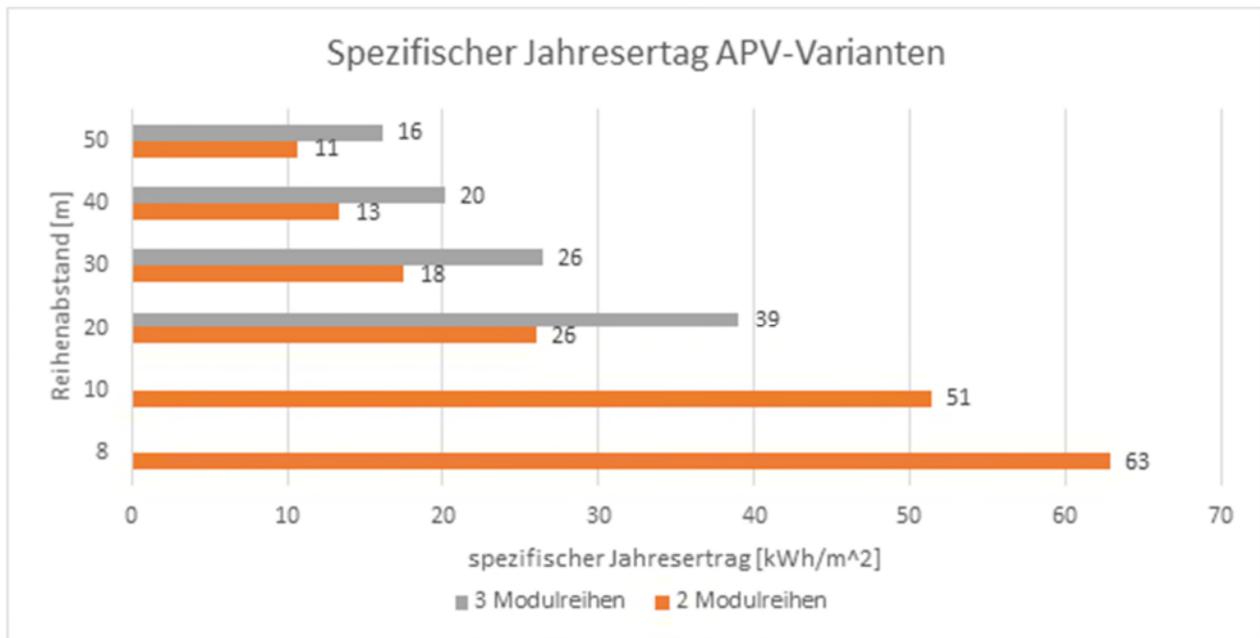


Abbildung 22: Flächenspezifischer Jahresertrag vertikaler APV-Anlagen in Abhängigkeit von Reihenabstand und Anzahl der Modulreihen

Für die Reihenabstände von 8 m und 10 m wird die Variante mit drei Modulreihen nicht betrachtet, da es durch die größere Höhe der Anlage und die geringen Abstände zu einer zu großen gegenseitigen Verschattung kommen würde. Dieser Effekt ist bei der gewählten Variante mit 40 m Reihenabstand und drei Modulreihen nicht zu erwarten. Mit dem flächenspezifischen Jahresertrag von 20 kWh/m<sup>2</sup> ergibt sich für die APV Anlagen, die im Verbund mit den Windenergieanlagen denkbar sind, ein jährlicher Gesamtertrag von etwa 109 GWh. Insgesamt beträgt das Potenzial für APV im Projektgebiet etwa 437 GWh. Wird dies – wie angedacht – auch nur zu 50 % realisiert, kann mit der erzeugten elektrischen Energie bilanziell der Bedarf von rund 78.000 Haushalten gedeckt werden.

Bereits die gemeinsame Flächennutzung von APV und Windenergie stellt eine Weiterentwicklung gegenüber bisherigen Projekten dar. Neu ist aber auch APV auf Ackerland zu realisieren. Aktuell bestehen vertikale APV Anlagen nur auf Grünland. Die dortige Flächennutzung ermöglicht kleinere Reihenabstände. Eine Umsetzung in der Form wie sie weiter oben beschrieben ist, existiert daher nach aktuellem Wissensstand noch nicht. Aus diesem Grund sollte der großflächigen Realisierung eine wissenschaftlich begleitete Testphase vorangestellt werden. In dieser gilt es zu ermitteln, welche Auswirkungen die APV auf die landwirtschaftliche Nutzung hat. Mögliche Untersuchungsgebiete sind dabei die Praktikabilität oder der Einfluss auf Ertrag, Wasserhaushalt, Erosion etc. Gleichzeitig sollte untersucht werden, inwieweit das bestehende Modell auf Ackerflächen übertragbar ist (Infrastruktur, Verschmutzung der Module etc.). Die Anlage kann somit als Vorreiter und Wegbereiter für weitere Projekte genutzt werden.

### 5.1.3 Photovoltaik auf Kranstellflächen

Um dem Anspruch einer effizienten Nutzung der Flächen zur Energieerzeugung und somit einer Entlastung der landwirtschaftlichen Flächen auch im Kleinen gerecht zu werden, sollen die Kranstellflächen der Windenergieanlagen mit PV-Anlagen ausgestattet werden. Abbildung 23 zeigt eine solche Anlage.



Abbildung 23: PV Anlage auf der Kranstellfläche einer Windenergieanlage der Firma Westfalenwind [41]

Bei den PV-Anlagen handelt es sich um Module auf einer speziellen Ost-West Aufständering. Die Aufständering ermöglicht ein mehrfaches Auf- und Abbauen, sodass die Kranstellfläche für den Fall einer größeren Reparatur oder Wartung auch wieder für einen Kran zugänglich gemacht werden kann [41]. Insgesamt ist die Konstruktion etwa 35 cm hoch und beeinflusst daher im Vergleich zur Windenergieanlage kaum das Landschaftsbild [42].

Die Größe der PV-Anlage wird aus technischer Sicht nur durch die Größe der Kranstellfläche limitiert. Allerdings besteht für PV-Anlagen über 100 kWp die Pflicht zur Direktvermarktung. Um dadurch entstehenden Mehraufwand zu vermeiden, ist es empfehlenswert, diese Maximalleistung nicht zu überschreiten [42]. Eine erste Simulation einer solchen Anlagen ergibt einen Jahresertrag von etwa 84 MWh. Dies ist auch aus baurechtlicher Sicht interessant, da die PV-Anlage aktuell nur als Nebenanlage der Windenergieanlage zulässig ist [42]. Dies erfordert, dass die durch die PV-Anlage erzeugte elektrische Energie zu 2/3 im Eigenbedarf der Windenergieanlage aufgehen muss. Dies ist mit dem berechneten Jahresertrag gegeben [42].

Hinsichtlich des Gesamtpotenzials für PV-Anlagen auf Kranstellfläche ist zu beachten, dass nicht jede Kranstellfläche geeignet ist. Vor allem die Position der Windenergieanlage bestimmt die Verschattung und damit die Machbarkeit der PV-Anlage. Das Unternehmen Westfalenwind geht davon aus, dass in NRW etwa jede fünfte Kranstellfläche geeignet ist [42]. Tabelle 7 fasst das daraus abgeleitete Potenzial basierend auf dem Konzept zusammen.

Tabelle 7: Potenzial auf Kranstellflächen

Fläche	Anzahl WEA	Anzahl PV-Anlagen	Ertrag [MWh/a]	PV
Potenzialfläche Windenergie	12	2	168	
Mögliche ergänzende Windenergiefläche	2	0	0	

### 5.1.4 Gesamtpotenzial

Die Abbildung 24 zeigt die potentielle Erzeugung der Energielandschaft im Jahresverlauf. In den Sommermonaten dominiert die Agro-PV die Erzeugungsleistung während in den Wintermonaten die Windenergie, insbesondere die neu installierten 5,7 MW Nordex Windenergielangen, die Erzeugungsleistung bestimmen.

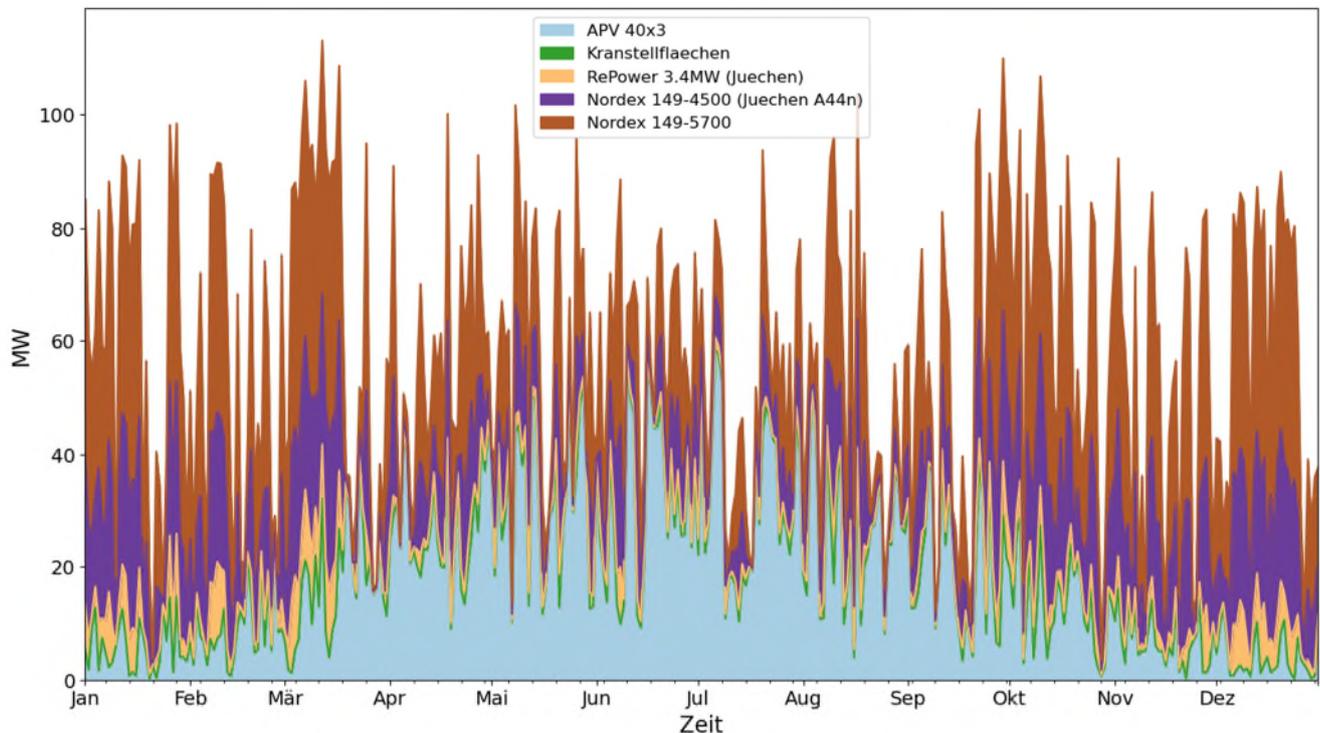


Abbildung 24: Erzeugung durch die Energielandschaft im Jahresverlauf

### 5.1.5 Rahmenbedingungen

Aus rechtlicher Sicht ergeben sich für die Windenergie die Einschränkungen aus verschiedenen Gesetzen (bspw. BauGB, LuftVG, WHHG), die zu einer Unzulässigkeit von Windenergie in bestimmten Bereichen führen oder einen Abstand zu diesen erfordern. Die daraus abgeleiteten Restriktionen sind bereits in die räumliche Analyse eingeflossen und unter Kapitel 4.1.2 erläutert.

Weiterhin erfordert die Umsetzung von Windenergieprojekten die Ausweisung von Konzentrationszonen durch die kommunale Bauleitplanung. Im Sinne einer verzögerungsfreien Umsetzung sollte diese bereits zeitnah in Abstimmung mit der Regional- und Braunkohleplanung erfolgen. Somit kann sichergestellt werden, dass ein Flächenzugriff zum frühestmöglichen Zeitpunkt in Abhängigkeit von der Rekultivierung erfolgen kann (vgl. Leitentscheidung 2021 – Punkt 2.1 S. 13).

Der Rekultivierungsfortschritt ist der entscheidende Faktor für die zeitliche Verfügbarkeit der Flächen für Windenergie. Zur Gewährleistung der Standsicherheit der Anlagen, muss der Boden sich nach der Verkipfung rund zehn Jahre setzen. Die Zeitschritte der Rekultivierung bestimmen daher maßgeblich die Abfolge des Ausbaus der Windenergie.

Für APV ist eine Liegezeit des Bodens nach aktuellem Kenntnisstand nicht nötig. Aus technischer Sicht ergeben sich die Rahmenbedingungen aus den Anforderungen der Landwirtschaft. Wie

oben beschrieben sollten dafür die Reihenabstände in Abhängigkeit von der Größe der landwirtschaftlichen Maschinen und Werkzeuge bestimmt werden. Aktuell werden 40 m angenommen.

Auch für die APV ist eine Anpassung der Bauleitplanung notwendig. Um die Zulässigkeit der Anlagen und gleichzeitig den Erhalt der Agrarsubventionen zu ermöglichen, sollte eine Ausweisung von Sondergebieten APV erfolgen [38].

In der Empfehlung der Clearingstelle EEG [43] wird zum Thema Konversionsflächen / Tagebauflächen die folgende Aussage getroffen:

„Die Clearingstelle EEG empfiehlt, die Frage des Empfehlungsverfahrens 2010/2 – Solarstromanlagen auf Konversionsflächen aus wirtschaftlicher oder militärischer Nutzung im Sinne des § 32 Abs. 3 Nr. 2 EEG 2009 bzw. § 11 Abs. 4 Nr. 2 EEG 2004:

Unter welchen flächenbezogenen Voraussetzungen ist für Strom aus diesen Solarstromanlagen, die sich auf zur Errichtung der Anlagen im Bebauungsplan ausgewiesenen Flächen befinden, die EEG-Vergütung zu zahlen?

Wie folgt zu beantworten:

[...]

7. Bei Vorliegen eines oder mehrerer der folgenden Kriterien besteht eine widerlegliche Vermutung dafür, dass der ökologische Wert der jeweils betrachteten (Teil-) Fläche aufgrund der spezifischen Vornutzung schwerwiegend beeinträchtigt ist:

[...]

- Flächen mit einer infolge tagebaulicher Nutzung beeinträchtigten Standsicherheit (z.B. Abbaugelände und Kippenflächen aus dem Braunkohleabbau, bei denen – ggf. auch nach Sanierung und noch nach Entlassung der Fläche aus der Bergaufsicht – mit „Setzungen“ und Rutschungen zu rechnen ist), [...].“

Laut Bundesnetzagentur werden zudem zum Gebotstermin 1. April 2022 u.a. Gebote für Anlagenkombinationen mit „besonderen Solaranlagen“ vergeben. Unter „besonderen Solaranlagen“ versteht man Anlagen, die sich u.a. auf Ackerflächen bei gleichzeitigem Nutzpflanzenanbau oder dem Anbau von Dauer- oder mehrjährigen Kulturen befinden [44].

Für die PV-Anlagen auf den Kranstellflächen ist wie beschrieben zu beachten, dass die PV-Anlage im Außenbereich nur als Nebenanlage der Windenergieanlage zulässig ist. Zusätzlich besteht für die PV-Anlage als neue Erzeugungseinheit eine Zertifikatspflicht [42].

Da sowohl die Erzeugung von Wind- als auch von Sonnenenergie im Gegensatz zur Braunkohleverstromung stark wetterabhängig und somit größeren Schwankungen unterworfen ist, ist es nötig, Maßnahmen zu treffen, um auch bei der Erzeugung von Erneuerbaren Energien eine andauernde Versorgungssicherheit gewährleisten zu können. Da das Auftreten von Dunkelheit und/oder Windstille sowie schneebedeckte APV-Anlagen dazu führen, dass insbesondere in den Spätherbst- und Wintermonaten, in denen zugleich eine erhöhte Nachfrage besteht, nur gerin-

gere Energiemengen produziert werden können, hilft die Kombination von Wind- und Sonnenenergie dabei, Schwankungen bei der jeweiligen Einspeisung besser auszugleichen zu können. Dies kann entweder über das Netz oder über die Speicherung von Energie erfolgen.

## 5.2 Solarautobahn

Das Pilotprojekt Solarautobahn verfolgt das Ziel, ergänzend zur Energielandschaft die Flächen der Autobahnen A44n und A46 im Projektgebiet zur regenerativen Energieerzeugung zu nutzen. Hierfür kommen sowohl die Böschungen als auch Lärm-(Wind)schutzwände in Frage. In beiden Fällen handelt es sich um sonst ungenutzte Flächen. Durch ihre Belegung mit PV-Modulen wird die Erzeugungskapazität erhöht und gleichzeitig der Druck auf die umliegenden landwirtschaftlichen Flächen verringert. Zusätzlich adressiert der Bau von Lärmschutzwänden das konkrete, kommunale Problem der Lärmbelästigung rund um die A46 im Stadtgebiet von Jüchen. Zudem ist insbesondere im Bereich der Hochlage (A44n) ein Windschutz zur Sicherheit des Lastverkehrs dringend nötig. Dieser kann ebenfalls mit PV-Modulen ausgestattet werden. Die Böschungen in den Randstreifen der Autobahn bieten sich an, da es sich hierbei um Flächen handelt, auf denen PV-FFA nach EEG förderfähig sind.

### 5.2.1 Lärmschutzwände – A46

Das Konzept Lärmschutzwände als PV-Flächen zu nutzen, besteht bereits seit den 1990er Jahren [45]. Allerdings finden sich bis jetzt nur wenig realisierte Projekte. Dass es grundsätzlich möglich ist, zeigt aber beispielsweise ein Projekt in Neuötting aus dem Jahr 2016. Dort besteht eine mit PV-Modulen ausgestattete Lärmschutzwand auf 234 m Länge [46]. Abbildung 25 zeigt einen Ausschnitt der Lärmschutzwand.

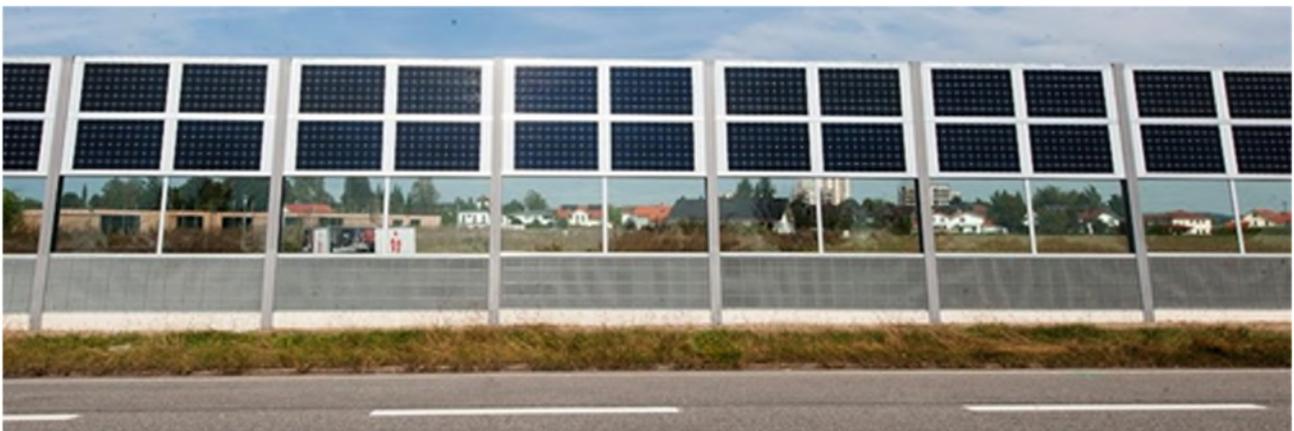


Abbildung 25: Lärmschutzwand mit PV Modulen in Neuötting [46]

Das System hat eine Höhe von 5 m und teilt sich in drei Zonen auf. Die untere Zone 1 besteht aus einem Gitterdämmsystem, gefolgt von dem Acrylglas in Zone 2 [46]. Die PV-Module bilden gemeinsam mit einem weiteren Gitterdämmsystem auf der Rückseite die oberste Zone 3 [46].

Die Simulationen, die sich an diesem System orientieren, zeigen, dass auf einer Länge von 100 m entlang der A46 in Jüchen etwa 27 MWh elektrische Energie pro Jahr erzeugt werden können. Von Vorteil ist, dass die PV-Anlage aufgrund des Autobahnverlaufs südlich ausgerichtet ist,

wodurch die Erträge maximiert werden. Wie die räumliche Analyse gezeigt hat, bieten sich in Jüchen etwa 2,4 km für die Installation von Lärmschutzwänden an. Somit beträgt das Gesamtpotenzial bei einer 50%igen Nutzung 329 MWh pro Jahr.

### 5.2.2 Windschutzwände – A44n

Die zweite Autobahn im Projektgebiet ist die A44n. Dort treten immer wieder Einschränkungen des Verkehrs aufgrund hoher Windstärken auf. Ein Windschutz links und rechts der Fahrbahn kann diesem Problem entgegenwirken. Vergleichbar zu den Lärmschutzwänden sollen diese Flächen ebenfalls zur Installation von PV-Anlagen genutzt werden.

Durch den Verlauf der Autobahn von Norden nach Süden bietet sich hier der Einsatz bifazialer PV-Module an. So kann – wie bei den APV-Anlagen sowohl die Einstrahlung von Osten als auch von Westen genutzt werden. Abbildung 26 zeigt schematisch den Aufbau.

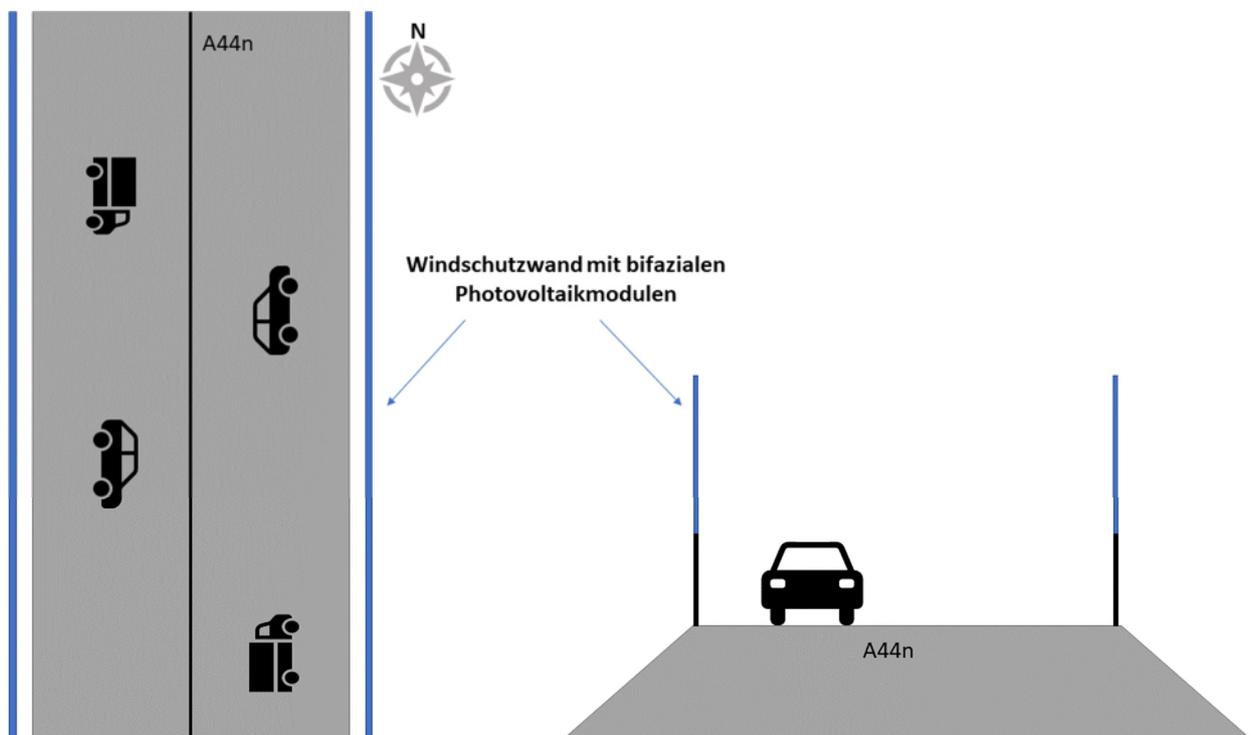


Abbildung 26: Schema Aufbau Windschutzwände

In den durchgeführten Simulationen ergibt sich für Windschutzwände, die mit zwei Reihen bifazialer Module ausgestattet sind, ein Jahresertrag von 87 MWh pro 100 m. Insgesamt können somit entlang der A44n im Projektgebiet rund 7.800 MWh elektrische Energie pro Jahr bei einer 50%igen Ausnutzung erzeugt werden.

### 5.2.3 Randstreifen Freiflächenphotovoltaik

Auch die Randstreifen der Autobahn A44n sollen für die Stromerzeugung mittels PV genutzt werden. Dies bietet sich an, da es sich dabei um Flächen handelt, auf denen PV-FFA nach § 37

EEG 2021 förderfähig sind. Außerdem werden die Flächen nicht landwirtschaftlich genutzt, so dass keine Nutzungskonkurrenz vorliegt. Insgesamt ergibt sich für die Flächen ein potenzieller Jahresertrag von 13.000 MWh bzw. von 6.500 MWh bei einer 50%igen Flächenbelegung.

#### 5.2.4 Gesamtpotenzial

Abbildung 27 zeigt die Erzeugungsleistung der Solarautobahn im Jahresverlauf. Die flächenmäßig größten Anlagen entlang des Autobahndamms liefern die meiste Leistung. Da es sich um eine rein PV basierte Erzeugung handelt, ergibt sich für die Sommermonate eine entsprechend stärkere Erzeugung als in den Wintermonaten.

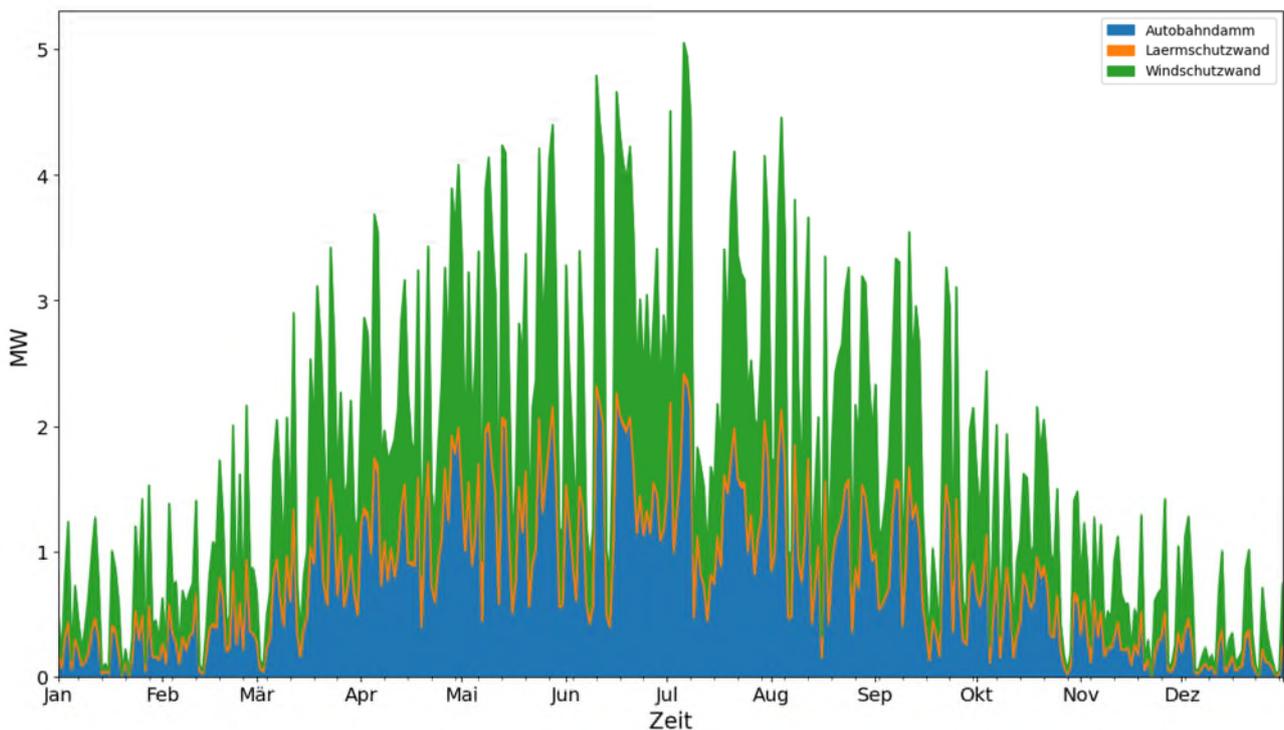


Abbildung 27: Erzeugung der Solarautobahn im Jahresverlauf

### 5.3 Energiesystem Gewerbe- und Industriegebiet „Elsbachtal“

Im nördlichen Bereich des Projektgebiets soll ab etwa 2023/2024 das interkommunale Gewerbe- und Industriegebiet (GIB) „Elsbachtal“ der Kommunen Jüchen und Grevenbroich entstehen. Da das GIB noch entwickelt wird, soll die Möglichkeit genutzt werden, hier ein Konzept für ein nachhaltig ausgerichtetes Gewerbegebiet zu entwickeln, welches als Blaupause für weitere Projekte dienen kann.

Dieses Konzept zeichnet sich durch die gemeinschaftliche Nutzung von Ressourcen und Infrastruktur sowie Sektorenkopplung aus. Ergänzend sollen die Dachflächen der zukünftigen Betriebe zur lokalen Energieerzeugung durch PV genutzt werden.

Folgende Technologie können Bestandteil des Konzeptes sein:

- Dachflächen-PV
- Gewerblicher Großbatteriespeicher
- Gemeinsame Infrastruktur
  - o Wärmenetz
  - o Mobilitätshub Strom & Wasserstoff
  - o Hilfsenergienetz (z.B. Druckluft)
- Energie- & Demand-Side-Management

### 5.3.1 Photovoltaik in Kombination mit Großbatteriespeicher

Das Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWIDE) hat gemeinsam mit dem Landesverband Erneuerbare Energie NRW e.V., der IHK NRW und der EnergieAgentur.NRW die Kampagne „Mehr Photovoltaik auf Gewerbedächern – Kampagne 2021+“ initiiert. In der gemeinsamen Erklärung dazu wird die Bedeutung des Ausbaus von PV Anlagen auf gewerblichen Dächern noch einmal deutlich [47]:

“In Nordrhein-Westfalen sind aufgrund der dichten Besiedlung geeignete Flächen knapp. Deshalb sind besonders bereits versiegelte Flächen für den Ausbau von erneuerbaren Energien zu nutzen. Insbesondere auf den Dächern bietet sich hierfür ein erhebliches Potenzial. [...] Die großen Gebäudekomplexe von Handelsfilialen und Logistikzentren mit entsprechenden Dachflächen bieten häufig die Möglichkeit, Teile dieses Potenzials zu heben.“

Dieser Gedanke spielt auch im Konzept für das Energiesystem des GIB „Elsbachtal“ eine zentrale Rolle. Da die Gebäude neu errichtet werden, bietet sich durch eine vorrausschauende Planung die Möglichkeit, PV-Anlagen von Beginn mitzudenken und zu integrieren. Dass darin ein erhebliches Potential für die nachhaltige Ausrichtung des GIB liegt, verdeutlicht Tabelle 8.

*Tabelle 8: Potenzial Photovoltaik auf den gewerblichen Dachflächen*

	EAK hoch	EAK gering
Bedarf [MWh/a]	68600	31640
PV Ertrag [MWh/a]	46148	46148
bilanzielle Deckungsrate	67%	146%

Ausgehend von einer maximalen Bebauungsdichte und der Nutzung von PV-Anlagen mit einer Ost-West Ausrichtung auf den Dächern im GIB, ergibt sich ein jährlicher Gesamtertrag von rund 46 GWh. Bei einer energieeffizienten Gestaltung des GIB (EAK gering) kann diese Energie bilanziell ausreichen, um den Bedarf zu decken.

Um Erzeugung und Bedarf zeitlich voneinander zu entkoppeln und so den tatsächlichen Eigenverbrauchsanteil und die Autarkie zu erhöhen, wird ein Batteriespeicher benötigt. Abbildung 28

zeigt beide Parameter in Abhängigkeit von der installierten Speicherkapazität. Ab einer Kapazität von etwa 25 MWh sind keine signifikanten Verbesserungen mehr zu beobachten. Die finale Auswahl einer Speichergröße ist jedoch darüber hinaus noch von den weiteren Anwendungsfällen, wie z.B. der Spitzelastkappung, abhängig, welche eine tiefergehende Analyse voraussetzen.

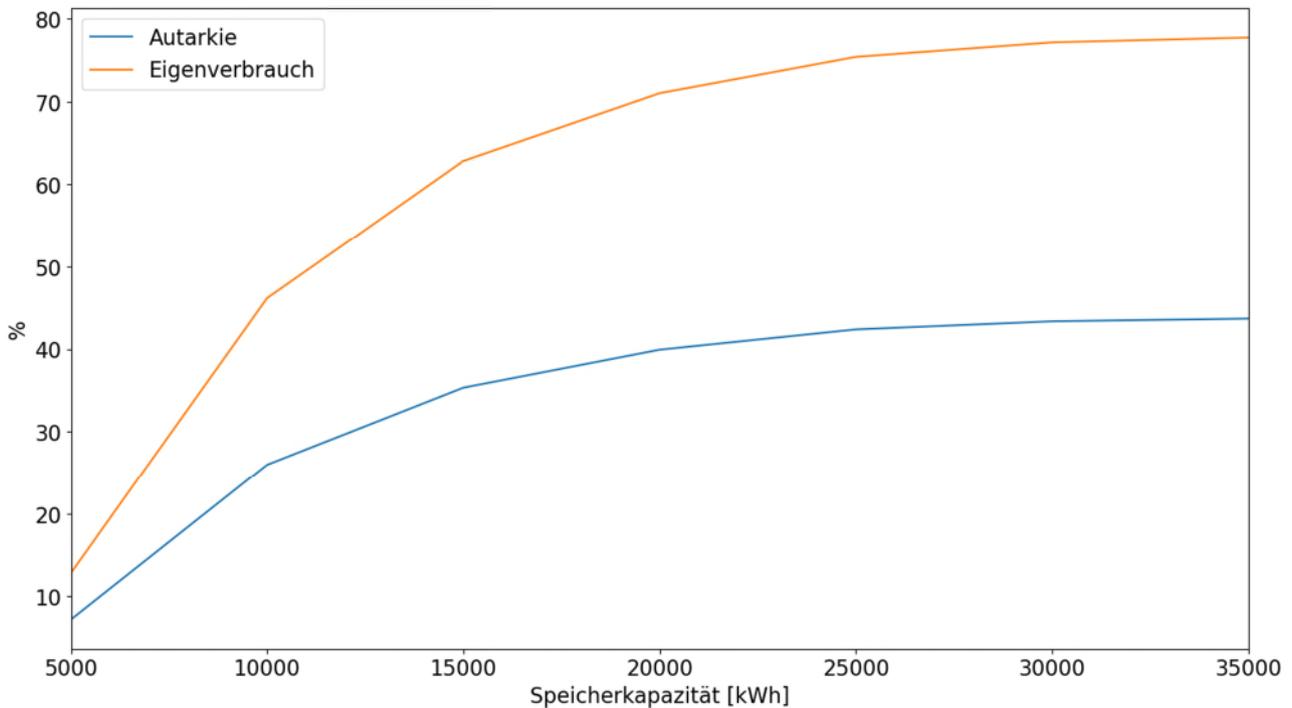


Abbildung 28: Eigenverbrauch und Autarkie in Abhängigkeit von der Speichergröße des möglichen Quartiersspeichers

### 5.3.2 Wärmeversorgung

Gerade im Bereich der Wärmeversorgung bietet es sich durch den Neubau des interkommunale GIB „Elsbachtal“ an, die Wärmeversorgung durch ein Wärmenetz sicherzustellen. Der Bau des Netzes kann an die sonstigen Tiefbauarbeiten angeschlossen werden. Darüber hinaus können die Gebäude von Beginn an wärmeeffizient geplant und errichtet werden. Da somit in der Regel niedrigere Heizungstemperatur ausreichend sind, kann das System als Wärmenetz 4.0 ausgeführt werden. Dabei wird folgende Definition für ein Wärmenetz(-system) 4.0 zu Grunde gelegt [48]:

„Wärmenetzsysteme 4.0 sind innovative Wärmeinfrastrukturen auf Basis von Wärmenetzen mit niedrigen Temperaturen (20 bis max. 95 °C). Die Wärmebereitstellung erfolgt unter Kriterien des Klimaschutzes und der perspektivisch kostengünstigen Wärmeversorgung überwiegend auf Basis von erneuerbaren Energien und Abwärme.“

Je nach Wärmebedarf und benötigtem Temperaturniveau können verschiedene Wärmequelle in Betracht gezogen werden. Neben Luft-, Erdwärme- oder Abwasserwärmepumpen ist auch die Nutzung von Abwärme – sollte sie in ausreichendem Maße vorliegen – denkbar. Auch Kombinationen verschiedener Quellen sind denkbar, um so speziellen Wärmeanforderungen einzelner Betriebe gerecht zu werden.

### **5.3.3 Mobilitätshub Strom & Wasserstoff**

Neben dem Strom- und Wärmesektor soll auch die Mobilität in das nachhaltige Energiesystem des GIB einbezogen werden. Um die Nutzung alternativer Mobilität für die Unternehmen, die Mitarbeitenden sowie für die Kundinnen und Kunden zu erleichtern, bietet es sich an, an einer zentralen Stelle im GIB eine Tankstelle für E- und wasserstoffbasierte Fahrzeuge einzurichten. Dieser Mobilitätshub kann sowohl durch die PV-Anlagen auf den Dächern als auch durch die Energielandschaft mit elektrischer Energie versorgt werden. Für das Angebot einer Wasserstofftankstelle gilt es, im Vorfeld den Bedarf näher zu ermitteln. Durch den zeitnahen Baubeginn des GIB ist allerdings davon auszugehen, dass die Nachfrage zu Beginn gering sein wird. Somit wäre eine Belieferung mit Wasserstoff anstelle einer On-Site Elektrolyse ausreichend. Dieses bietet die Möglichkeiten zur Kooperation mit anderen Projekten im Rheinischen Revier, die im Kontext der Wasserstoffwirtschaft realisiert werden.

Ergänzt werden kann der Mobilitätshub um Sharing-Fahrzeuge, die allen Unternehmen im GIB beispielsweise für Dienstfahrten zur Verfügung stehen (vgl. auch Kapitel 5.3.4). Dadurch kann für diese Unternehmen der Umstieg auf Elektro- und Wasserstoffmobilität erleichtert werden. Außerdem kann so der Bedarf an Parkplätzen reduziert werden. Dies verringert wiederum den Anteil an versiegelter Fläche und trägt zu einer nachhaltigeren Ausrichtung des GIB bei.

### **5.3.4 Geschäfts- und Betreibermodelle**

Hinsichtlich des angestrebten Innovationscharakters sollten über die technologische Konzeptionierung hinaus Geschäfts- und Betreibermodelle geprüft werden, die die regenerative Energieversorgung und die gemeinschaftliche Nutzung von Ressourcen unterstützen. Auf Seiten der Energieversorgung können dies gewerbliche Mieterstrom- und Contractingmodelle sowie Direktstromlieferungen sein. Letzteres böte die Möglichkeit, eine direkte Verbindung zur Energielandschaft und zur Solarautobahn herzustellen. Dadurch kann die Stromversorgung des GIB durch die beiden Teilprojekte ergänzt werden. So entsteht langfristig ein zusammenhängendes Energiesystem.

Contractingmodelle können darüber hinaus auch eine Möglichkeit für die gemeinschaftliche Versorgung mit Wärme und Hilfsenergie wie beispielsweise Druckluft sein. Ergänzend können Sharing-Konzepte eingesetzt werden, um Fahrzeugflotten und Räumlichkeiten gemeinsam zu nutzen.

Darüber hinaus können Elemente wie die Begrünung von Dachflächen das Gebiet optisch, aber auch in seiner Aufenthaltsqualität aufwerten. Um das Gebiet außerdem besser in die Stadt einzugliedern, kann in Betracht gezogen werden, ob Freizeitmöglichkeiten integriert werden können. Denkbar wären hier beispielsweise Räumlichkeiten, die sowohl den Unternehmen für größere Meetings als auch der Kommune für Veranstaltungen zur Verfügung stehen. Auch hier kann also über neue Konzepte Fläche effizienter ausgenutzt werden.

### **5.3.5 Rahmenbedingungen**

Für eine nachhaltige Entwicklung sollte neben den oben aufgeführten Punkten in Erwägung gezogen werden, entsprechende Planungsgrundlagen auf kommunaler Seite zu schaffen. Dies können beispielsweise Bauvorschriften zur Integration von Dachflächen-PV sein. Da die Effizienz sowohl im Strom- als auch im Wärmebereich entscheidend für den Anteil von Erneuerbaren Energien an der Energieversorgung ist, sollten auch in diesen Bereichen Vorschriften, flankiert von Informationskampagnen, in Betracht gezogen werden.

## **5.4 Autohof der Zukunft - Green Energy Hub**

Der Autohof der Zukunft – Green Energy Hub für alternative Mobilität mit Strom und Wasserstoff kann als deutschlandweit bislang einzigartiges Pilotprojekt verstanden werden. Dort soll gezeigt werden, wie die einzelnen Erzeuger, Verbraucher und Energiespeicher eng miteinander vernetzt werden können. Auf diesem soll eine Tankstelle für E- sowie wasserstoffbasierte Mobilität, sowohl für den Privat- als auch den Straßengüterverkehr, realisiert werden. Ein möglicher Standort ist eine Fläche im Süden des Projektgebiets. Sowohl die A 44n als auch die A 61, die dort verlaufen, sind Haupttrouten der Logistik.

Langfristig muss auch der Straßengüterverkehr CO<sub>2</sub> neutral werden. Auf regionaler Ebene soll der Autohof der Zukunft - Green Energy Hub diese Entwicklung unterstützen. Die Umstellung auf E- und wasserstoffbasierte Mobilität im Güterverkehr erfordert sowohl den Ausbau der entsprechenden Lade- und Tankinfrastruktur als auch die Bereitstellung von Möglichkeiten für Wartungs- und Reparaturarbeiten. Der Green Energy Hub kann hier eine Vorreiterrolle einnehmen.

Perspektivisch wäre dies ein geeigneter Standort für eine Elektrolyseanlage, um den Wasserstoffbedarf vor Ort zu decken. Durch die Energiebereitstellung aus der Energielandschaft lässt sich so grüner Wasserstoff für die Dekarbonisierung des Straßenverkehrs erzeugen. Wie in Abbildung 29 zu erkennen ist, werden bei einer Leistung des Elektrolyseurs von 10 MW 7498 Vollaststunden im Jahr erreicht. Damit können im Laufe eines Jahres etwa 12 Mio. Normkubikmeter Wasserstoff erzeugt werden, was einer Energiemenge von 42,88 GWh entspricht, wobei längst nicht die gesamte Leistung der Energielandschaft abgerufen wird.

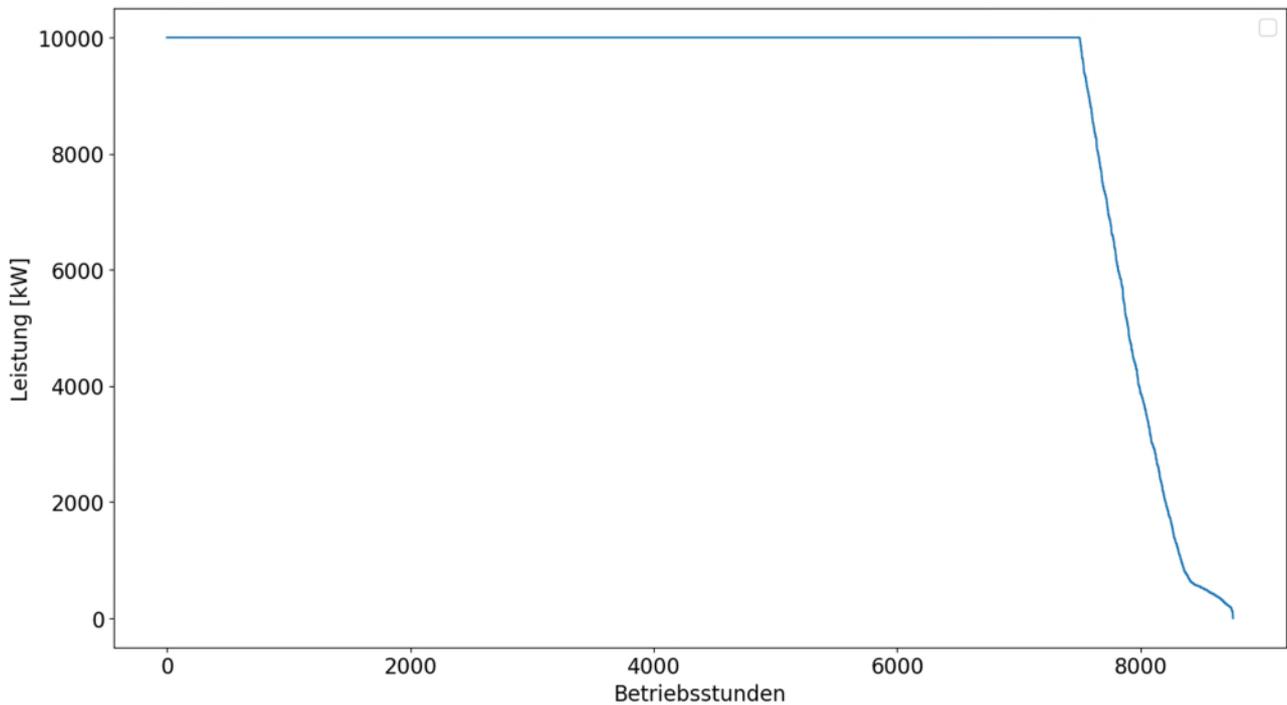


Abbildung 29: Auslastung Elektrolyseur (10 MW) für den Green Energy Hub

Neben der Erzeugung wäre an dieser Stelle der potentielle Bedarf an Wasserstoff durch den Verkehrssektor noch zu erheben. Wenn dieser bekannt ist, kann das Erzeugungspotential weiter angepasst und auch entsprechende Speicher dimensioniert werden. Hierzu sind weitergehende Analysen erforderlich.

## 5.5 Energiekonzept Stadtentwicklung Jüchen Süd

Das Siedlungsgebiet der Stadt Jüchen soll in Zukunft (ca. 2040) südlich der Autobahn A46 erweitert werden. Vergleichbar zum „grünen“ GIB „Elsbachtal“ Jüchen-Grevenbroich bietet sich hier durch die Neuentwicklung die Möglichkeit, bereits im Vorhinein ein nachhaltiges Energiesystem zu entwickeln. So können eventuell notwendige planungsrechtliche oder bauliche Maßnahmen frühzeitig initiiert werden.

Neben einer regenerativen Stromversorgung auf Basis von PV-Anlagen auf den Hausdächern, die ggf. durch einen Quartierspeicher unterstützt werden, soll der Fokus auf dem Wärmekonzept liegen. Die Lage des Gebiets direkt an den rekultivierten landwirtschaftlichen Flächen, bietet den Einsatz von Agrothermie als Wärmequelle für ein Wärmenetz 4.0 an. Dabei handelt es sich um einen oberflächennahen Erdwärmekollektor unter landwirtschaftlichen Flächen. Während er für das Wärmenetz dauerhaft eine Wärmequelle mit etwa 10°C zur Verfügung stellt, können die landwirtschaftlichen Aktivitäten weiter ausgeführt werden [49]. Auch hier ist also eine Multinutzung der Flächen möglich. Abbildung 30 zeigt, wie die Rohre des Erdwärmekollektors mit einem Spezialflug schonend in 2m Tiefe unter der landwirtschaftlichen Fläche installiert werden.

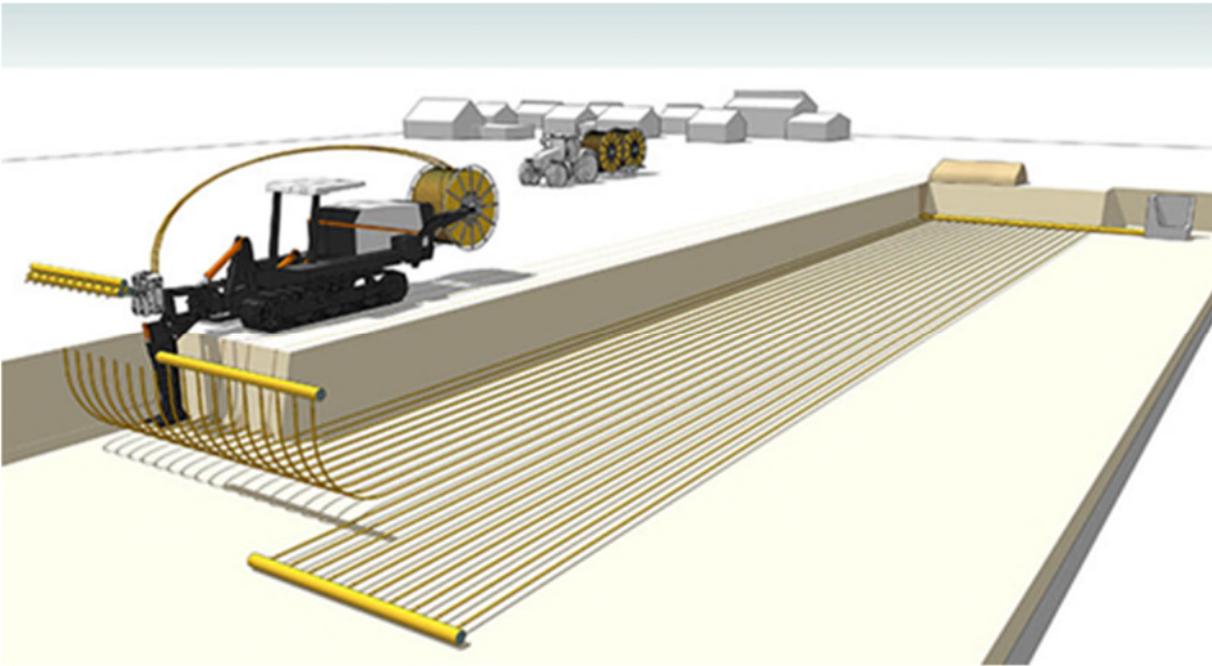


Abbildung 30: Einbringen des Agrothermiekollektors mit Speziaflug [50]

Die durch den Erdwärmekollektor gewonnene Wärme wird durch das Wärmenetz zu den Häusern geleitet und kann dort durch den Einsatz von Wärmepumpen auf das erforderliche Temperaturniveau angehoben werden. Um die Wärmeversorgung vollständig regenerativ zu gestalten, müssen die Wärmepumpen durch erneuerbar erzeugte elektrische Energie versorgt werden. In erster Linie sollen hierfür die PV-Anlagen auf den Dächern genutzt werden. Aber auch hier bietet sich ein Zusammenschluss mit der Energielandschaft an. Das Gesamtsystem ist in Abbildung 31 schematisch dargestellt.

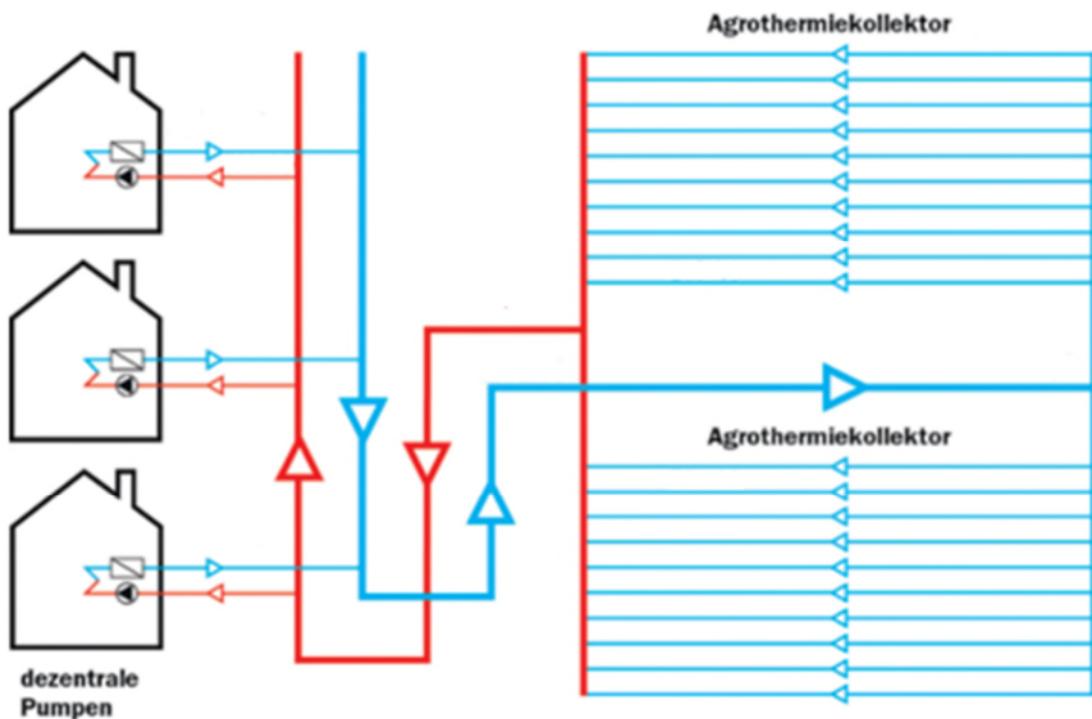


Abbildung 31: Schematischer Aufbau Wärmenetzsystem mit Agrothermiekollektor [49]

Nach aktuellem Wissensstand bestehen erst zwei vergleichbare Projekte in Deutschland. In der Kommune Wüstenrot besteht beispielsweise eine Agrothermieanlage mit einer Kollektorgroße von 1,5 ha zur Versorgung eines Neubaugebiets. In dem Projekt wird von einem möglichen Wärmeentzug des Kollektors von 28 – 32 kWh/m<sup>2</sup> ausgegangen [49]. Um den angenommenen Wärmebedarf von Jüchen Süd (3625 MWh/a, vgl. Kapitel 4.4) zu decken, ergibt sich damit ein Flächenbedarf von mindestens neun Hektar. Ein möglicher Standort ist in Abbildung 20 lila schraffiert dargestellt. Diese Fläche wäre sinnvoll, da sie in direkter Nähe zu Jüchen Süd liegt und somit Übertragungsverluste minimiert werden.

## 5.6 Zusammenführung der Teilprojekte zu einem zusammenhängenden Energiesystem

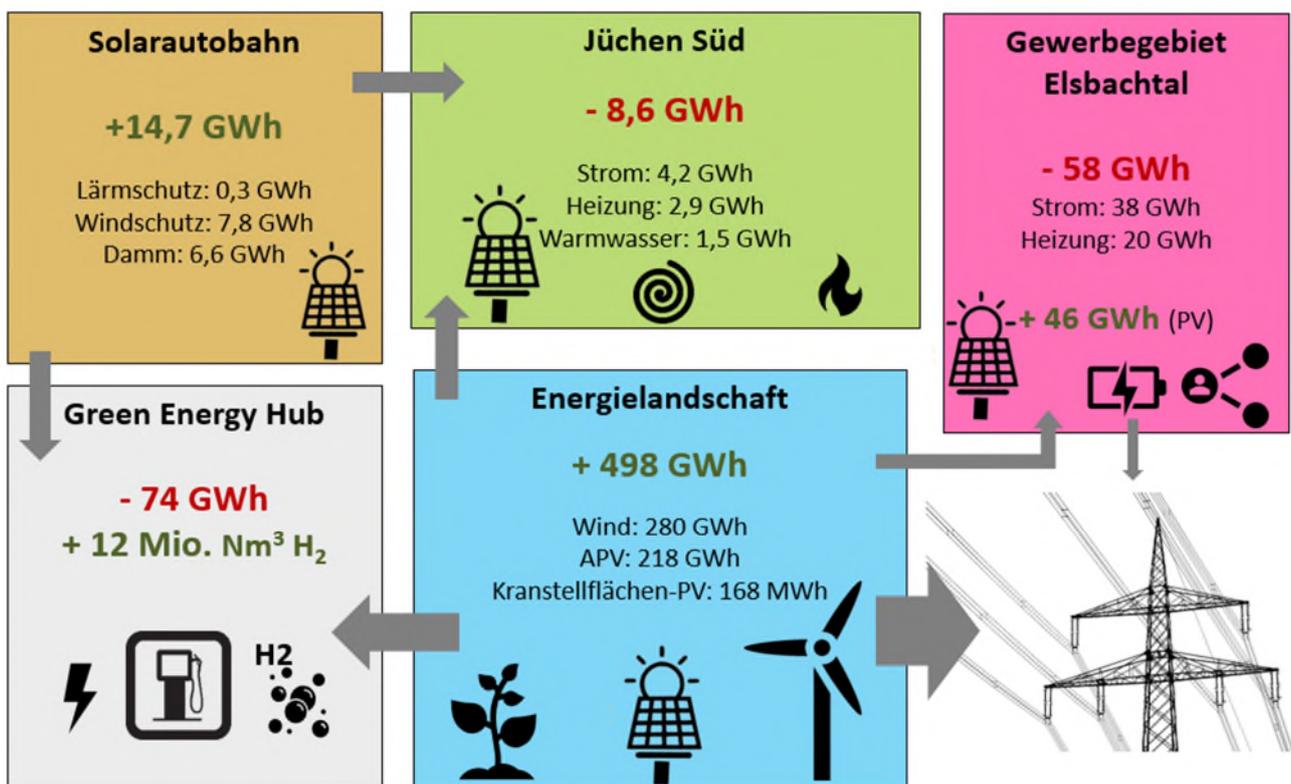


Abbildung 32: Überblick über die Potenziale und Energieflüsse im Gesamtkonzept

Das langfristige Gesamtkonzept als Verbund der Teilprojekte ist in Abbildung 32 dargestellt. Es wird deutlich, dass die Energielandschaft mit einem Erzeugungspotenzial von fast 500 GWh nicht nur zur Versorgung der Teilprojekte dient, sondern darüber hinaus einen deutlichen Beitrag zur regionalen Energiewende leisten kann. Der gemeinsame Einsatz von verschiedenen PV Lösungen und Windenergie in der Energielandschaft und der Solarautobahn führt zu einem ausgeglichenerem Erzeugungsprofil und kann so die Versorgungssicherheit erhöhen. Trotz allem bleibt die Erzeugung volatil, sodass Speicherlösungen wie beispielsweise ein Quartierspeicher im interkommunalen Gewerbe- und Industriegebiet „Elsbachtal“ notwendig sind, um Erzeugung und Bedarf voneinander zu entkoppeln.

Die Nutzungsoptionen der landwirtschaftlichen Flächen werden im Sinne des Multiuse-Gedankens im Bereich von Jüchen Süden noch durch die Agrothermie ergänzt, sodass nicht nur die Strom- sondern auch die Wärmeversorgung regenerativ möglich ist.

Als dritter Sektor findet die Mobilität Beachtung im geplanten Autohof der Zukunft – Green Energy Hub. Um hier alternative Mobilität zu fördern und anzubieten, stehen durch die Energielandschaft und die Solarautobahn ausreichend Ressourcen zur Verfügung. Von diesem Angebot für strom- und wasserstoffbasierte Mobilität können wiederum die Anwohner sowie das interkommunale Gewerbe- und Industriegebiet „Elsbachtal“ profitieren.

Insgesamt ergibt sich somit ein ganzheitliches Konzept, in dem die Potenziale gebietsverträglich und bedarfsorientiert genutzt werden können. Die Synergien zwischen den Teilprojekten tragen darüber hinaus dazu bei, dies auf eine möglichst effiziente Weise sicherzustellen.

## 6 Strategie und weitere Umsetzung

Für eine weitere Umsetzung der geplanten Teilprojekte bedarf es stellenweise einer detaillierten Bearbeitung und Planung von Teilbereichen, die innerhalb der Phase 1 (Erstellung einer Konzeptstudie) noch nicht abschließend untersucht werden konnten. Im Bereich der Agri-PV hat sich herausgestellt, dass bisherige Anlagen des senkrecht aufgeständerten Typs lediglich auf Grünland und nicht auf dem im Projektgebiet üblichen Ackerland realisiert wurden. Dies erfordert eine genauere Untersuchung, inwiefern das Konzept übertragbar ist und an welchen Stellen Anpassungen notwendig sind. Außerdem muss zur genaueren Ausarbeitung der Energiekonzepte, die Datengrundlage unter anderem hinsichtlich der zu erwartenden Energiebedarfe geschärft werden.

Die Ergebnisse und die daraus abgeleiteten neuen Aufgaben sollen in den erwähnten Teilprojekten der Folgephasen 2 und 3 dieser Studie weiterqualifiziert und umgesetzt werden. Der Innovationspark ist dabei als übergreifendes Projekt zu verstehen, das als Plattform für diese Teilprojekte dient. Ziel ist es, zentrale Aufgaben und Aspekte in dem Plattformprojekt zu bündeln. So können Wissen und Erfahrungen geteilt, Ressourcen in den Umsetzungsprojekten eingespart und Synergien zwischen den Umsetzungsprojekten sichtbar und nutzbar gemacht werden. Ziel ist es, auch die Kompetenzen aller Projektpartner langfristig in der Plattform zu sammeln und so leichter zugänglich zu machen. Die Plattform dient außerdem als Schnittstelle nach außen und erleichtert so den Dialog mit den Stakeholdern sowie die Kommunikation von Projektergebnissen in die Region. Somit ist sie das entscheidende Werkzeug, um das Projekt in die Strukturwandelprozesse einzubinden und langfristig einen Mehrwert für das Rheinische Revier zu generieren.

Durch die Aufteilung in Teilprojekte kann das Ziel einer zügigen Umsetzung erreicht werden. Projekte, die bereits zeitnah umsetzungsreif sind, sind nicht abhängig von Projekten, die noch einer intensiveren Planung bedürfen. Sie unterscheiden sich aber auch hinsichtlich Inhalten, Projektbeteiligten und Stakeholdern, Volumen und rechtlichem Rahmen. Gemeinsam tragen sie aber zur energetischen Umgestaltung der durch den Tagebau Garzweiler geprägten Landschaft bei.

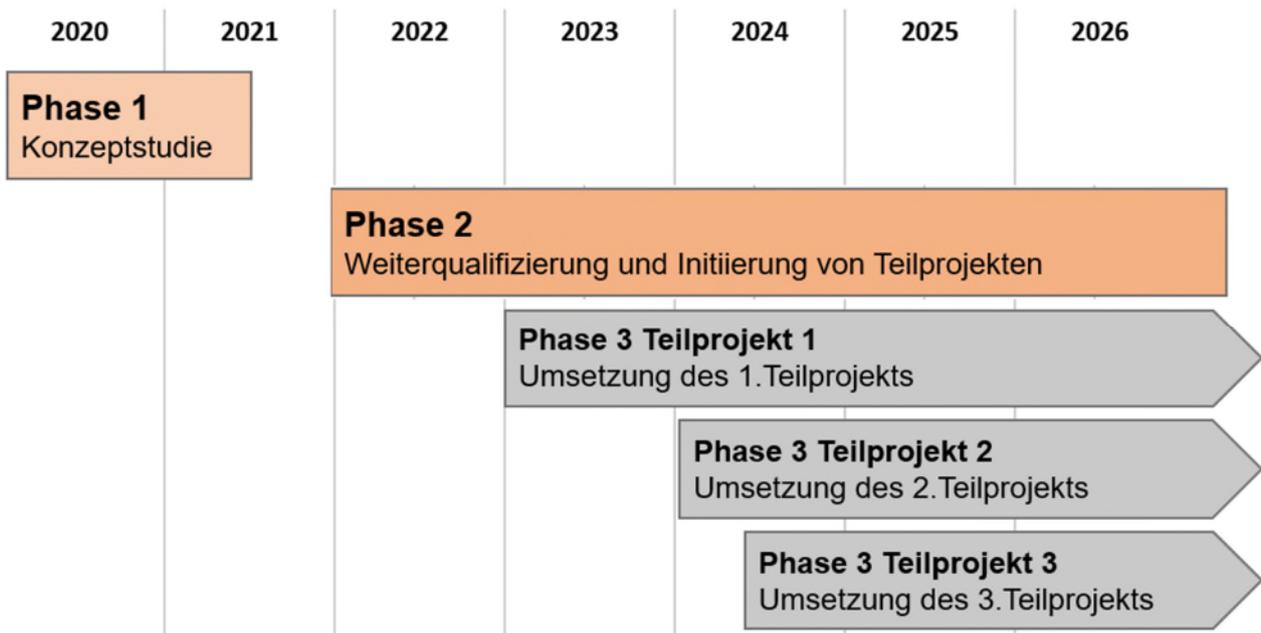


Abbildung 33: Phasen des Gesamtprojektes

Durch die zeitnahen Umsetzungen erster Maßnahmen ab 2023 wird die Voraussetzung geschaffen, einen aktiven Beitrag zur Umsetzung der Klimaschutzziele zu leisten und den Innovationspark als ein Reallabor und Demonstrationsraum für Erneuerbare Energien im Rheinischen Revier zu etablieren.

## 7 Fazit

Das Projekt „Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen“ dient der zukunftsfähigen Ausrichtung des Rheinischen Reviers zu einer neuen Energieregion. Ausgehend von der Tagebaufolgelandschaft Garzweiler sowie den vier Mitgliedskommunen des Zweckverbands, Mönchengladbach, Erkelenz, Jüchen und Titz, besteht hier die einzigartige Möglichkeit, innovative Ideen und Maßnahmen umzusetzen, die einen wesentlichen Beitrag zum Strukturwandel der Region sowie zur Energie- und Industriewende im Rheinischen Revier leisten.

Im Projektgebiet sollen dabei in einem großflächigen Maßstab verschiedene Formen der Produktion, Speicherung und Weiterverwendung Erneuerbarer Energien in einem innovativen Energiesystem erprobt werden. Dabei werden die geplante Siedlungsentwicklung „Jüchen-Süd“ sowie geplante Gewerbestandorte, wie das interkommunale Gewerbe- und Industriegebiet (GIB) „Elsbachtal“ der Städte Jüchen und Grevenbroich und ein weiterer zu planender Gewerbestandort südlich des Tagebaus Garzweiler, insbesondere auch als potenzielle Abnehmer der im Projektgebiet erzeugten Energie, einbezogen. Zudem ist geplant, für die beschriebenen Siedlungs- und Gewerbestandorte nachhaltige, gemeinschaftliche Energiesysteme zu entwickeln.

Synergien zur heimischen Landwirtschaft sowie eine Steigerung der lokalen Wertschöpfung, die enge Einbindung lokaler Akteursgruppen und von Aspekten des Naturschutzes sowie eine hohe Akzeptanz in der Bevölkerung werden dabei angestrebt.

Die vorliegende Konzeptstudie „Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen“ bildet hier die Projektphase 1 und zeigt dabei deutlich die dringende Notwendigkeit auf, aufgrund der auslaufenden Braunkohleverstromung das entstehende Energiedelta durch die Erzeugung Erneuerbarer Energien möglichst sozialverträglich für die Bevölkerung des Rheinischen Reviers zu verkleinern. Sie analysiert die Potentiale, strukturiert das Projekt inhaltlich, bereitet die öffentliche Meinungsbildung und die politische Entscheidungsfindung vor und definiert innovative Teilprojekte mit öffentlichen und privaten Partnern.

Die Ergebnisse der Konzeptstudie zeigen, dass die Tagebaufolgelandschaft Garzweiler aus technologischer und räumlicher Sicht erhebliche Potentiale für ein klimaneutrales Energiesystem bietet. Vor allem durch die Möglichkeiten der Multicodierung und der Kombination aus landwirtschaftlichen und energetisch genutzten Flächen entsteht eine optimale Nutzung der lokalen Ressourcen. Die in der Anbahnung befindlichen neuen Standorte komplettieren dieses Energiesystem durch vielfältige Bedarfe und Potentiale zur Dekarbonisierung der angrenzenden Bereiche Mobilität und Wärmeversorgung.

Die durchgeführten Perspektiv- und Innovationswerkstätten haben zudem verdeutlicht, dass sowohl lokale Stakeholder wie auch relevante regionale Akteure ein Interesse daran haben, diese Potentiale gemeinsam mit dem Konsortium für das Gebiet weiter zu erschließen.

Die Konzeptstudie „Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen“ bietet somit die Grundlage zur Weiterqualifizierung der aufgeführten Teilprojekte. Diese sollen in Abhängigkeit vom Zeitablauf des jeweiligen Projekts, ohne den Gesamtzusammenhang zu verlieren, in der Folgephase konkreter geplant und möglichst zeitnah zur Umsetzungsreife weiterentwickelt werden.

Neben der Planung und Umsetzung der technisch-innovativen Teilprojekte werden zusätzlich notwendige sozioökonomische und kulturelle Entwicklungsperspektiven adressiert. Mit dieser Bündelung von Kompetenzen in Sachen Erneuerbare Energien, Energiespeicherung, alternativer Mobilität, Energieeffizienz und einer kontinuierlichen Stakeholderbeteiligung bietet der Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen einen ganzheitlich-integrativen Ansatz auf einer Tagelandschaft ab.

Das Gesamtprojekt führt zu einer neuen und resilienteren Wertschöpfung und zu diversen Multiplikatoreffekten in der Region. So wird zum Beispiel die Landwirtschaft als Partner in der Fläche gestärkt. Das Projekt verbessert die Ansiedlungsbedingungen in den Gewerbegebieten. Die Entwicklungen im Projekt sollen mit den lokal übergeordneten Strukturwandelprozessen im Rheinischen Revier strategisch verknüpft und als Teil eines Gesamtgefüges verstanden werden.

Bislang ist kein vergleichbares Energiesystem in Deutschland bekannt. Insgesamt sollen die Erfahrungen auch auf andere Gebiete im Rheinischen Revier und deutschlandweit übertragbar sein sowie Investitionen im Ausbau eines klimafreundlichen Energiesystems befördern.

## Literaturverzeichnis

- [1] Zukunftsagentur Rheinisches Revier GmbH: "*Wirtschafts- und Strukturprogramm für das Rheinische Zukunftsrevier 1.1 (WSP 1.1)*," 2021.
- [2] BET Büro für Energiewirtschaft und technische Planung GmbH Bergische Universität Wuppertal Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik im Auftrag der Zukunftsagentur Rheinisches Revier GmbH: "*Ein Energiesystem der Zukunft für das Rheinische Revier*," 2020.
- [3] IFOK GmbH Deutsche WindGuard GmbH Solarpraxis Engineering GmbH Prognos AG Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH (gemeinnützig) Becker Büttner Held PartGmbH: "*Projektbericht 'Erneuerbare Energien - Vorhaben in den Tagebauregionen'*," p. 464, 2018. Available: [https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Berichte/erneuerbare-energien-vorhaben-in-den-tagebauregionen.pdf;jsessionid=3EF783912F65B3619562C3D3B14ADAA4?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Berichte/erneuerbare-energien-vorhaben-in-den-tagebauregionen.pdf;jsessionid=3EF783912F65B3619562C3D3B14ADAA4?__blob=publicationFile&v=3).
- [4] J. A. Schumpeter: "*Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung. Eine Untersuchung über Unternehmerrgewinn, Kapital, Kredit, Zins und den Konjunkturzyklus*." Berlin: Duncker & Humblot, 1964.
- [5] S. Bethmann: "*Stiftungen und soziale Innovationen Strategien zur Lösung*," Soziale In. Wiesbaden: Springer VS, 2020.
- [6] W. Zapf: "*Über soziale Innovationen*," in: *Soz. Welt*, 40. Jahrg., H 1/2, vol. 2, no. 1989, pp. 170-183, 1989. Verfügbar: <http://www.jstor.org/stable/40878048>.
- [7] H. Brooks: "*Social and technological innovation*," in *Managing innovation*, Elsevier, 1982, pp. 1-30.
- [8] W. F. Whyte: "*Social Inventions for Solving Human Problems*," in: *Am. Sociol. Rev.*, vol. 47, no. 1, pp. 1-13, 1982.
- [9] P. Drucker: "*Landmarks of Tomorrow: A Report on the New 'Post-Modern' World*," p. 40, *Transaction Publishers*, 1957.
- [10] S. A. Jansen: "*Skalierung von sozialer Wirksamkeit Thesen, Tests und Trends zur Organisation und Innovation von Sozialunternehmen und deren Wirksamkeitsskalierung*," in *Sozialunternehmen in Deutschland*, S. Jansen, R. Heinze, and M. Beckmann, Eds. Wiesbaden: Springer VS, Wiesbaden, 2013, pp. 79-99.
- [11] J. Howaldt: "*Soziale Innovation im Fokus nachhaltiger Entwicklung -- Die Bedeutung von Kooperationen und Netzwerken für den Erfolg sozialer Innovationen*," in *Netzwerke und soziale Innovationen – Lösungsansätze für gesellschaftliche Herausforderungen?*, C. Neugebauer, S. Pawel, and H. Biritz, Eds. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2019, pp. 13-30.
- [12] Geofabrik Downloads: "*Download OpenStreetMap data for this region: Nordrhein-*

*Westfalen," 2021. .*

- [13] RWE Power AG: "*DWG Datenmaterial, Leitentscheidung 2020, Nutzungsarten Tgb. Garzweiler. Erhalten am: 21.10.2020.*" .
- [14] Tovatt Architects & Planners AB a part of Sweco: "*DWG Datenmaterial, Entwicklungsszenario Leitbild 2075+. Erhalten am: 04.12.2020.*" .
- [15] Stadt Jüchen: "*Flächennutzungsplan Gemeinde Jüchen, Stand 30.11.2016, bis einschließlich 19. Änderung und 1. bis 6., 8. und 9. Berichtigung. Erhalten am: 13.01.2021.*" .
- [16] Stadt Bedburg: "*Flächennutzungsplan, 5. Ausfertigung, Bearbeitungsstand 18.12.2014.*" .
- [17] Stadt Grevenbroich: "*Flächennutzungsplan, Stand Januar 2020.*" 2020.
- [18] Zweckverband LandFolge: "*Zweckverband LandFolge – Flächennutzung. Kartengrundlage: © Land NRW (2019): Datenlizenz Deutschland; © Stadt Mönchengladbach, FB 62, Geoinformation, Datengrundlage: Stadt Mönchengladbach, FB 61, Stadtentwicklung und Planung, Kartografie: Stadt Mönchengla.*" 2019.
- [19] Ministerium für Wirtschaft, Innovation Digitalisierung und Energie; Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz; Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalen: "*Erlass für die Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen und Hinweise für die Zielsetzung und Anwendung (Windenergie-Erlass).*" 2018.
- [20] Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalen: "*Entwurf eines Zweiten Gesetzes zur Änderung des Gesetzes zur Ausführung des Baugesetzbuches in Nordrhein-Westfalen, Zuleitung nach Maßgabe der Parlamentsinformationsvereinbarung.*" 2020.
- [21] "*Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm).*" 1998.
- [22] ee mag europäische energiewende: "*Entfernungen von Windkraftanlagen,*" 2020. .
- [23] 123map GmbH & Co.KG: "*flosm. Stromnetz,*" 2021. .
- [24] Bezirksregierung Köln: "*Energieatlas NRW. Freileitungen inklusive 100 m Sicherheitsstreifen.*" .
- [25] Ökoplan. Bredemann und Fehrmann, B. Fehrmann, M. Palmer: "*Gesamträumliches Plankonzept zur Darstellung von Konzentrationszonen für Windenergieanlagen im sachlichen Teil-Flächennutzungsplan der Stadt Jüchen,*" Essen, 2019.
- [26] RWE Power AG: "*Tagebau Garzweiler I/II, Änderung der Abschlussbetriebspläne für die Oberflächengestaltung und Wiedernutzbarmachung bis 2025, Aktualisierung gemäß NB 3 und NB 4 der Zulassung vom 12.03.2020.*" 2020.
- [27] Geologischer Dienst NRW: "*Geologischer Dienst NRW. Erdbebenstationsnetz.*" .

- [28] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, Bundesamt für Justiz: *"Luftverkehrsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. Mai 2007 (BGBl. I S. 698), das zuletzt durch Artikel 340 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist."* .
- [29] Bezirksregierung Köln: *"Energieatlas NRW. Wasserschutzgebiete."* .
- [30] Rhein Kreis-Neuss: *"Datenmaterial zu Windenergieanlagen. Erhalten am: 13.01.2021."* .
- [31] Smeets Landschaftsarchitekten; Innogy Wind Onshore Deutschland GmbH: *"Windpark Bedburg A 44n, Immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren. Landschaftspflegerischer Begleitplan. Aufgestellt: August 2019, Stand: 06.05.2020."* 2020.
- [32] S. Schön et al.: *"Handbuch Konstellationsanalyse: ein interdisziplinäres Brückenkonzept für die Nachhaltigkeits-, Technik- und In-novationsforschung."* München: Oekom Verlag, 2007.
- [33] LANUV NRW: *"Energieatlas NRW. Karte Bestand. Stromverbrauch,"* 2017. .
- [34] G. Ratjen et al.: *"Energieeffizienz-Benchmarking. Methodische Grundlagen für die Entwicklung von Energieeffizienz-Benchmarkingsystemen nach EN 16231,"* Dessau-Roßau, 2013.
- [35] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR): *"Vergleichswerte für den Energieverbrauch von Nichtwohngebäuden. BBSR-Online-Publikation Nr. 20/2019,"* Bonn, 2019.
- [36] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: *"Projektbericht „Erneuerbare Energien - Vorhaben in den Tagebauregionen “,"* Berlin, 2018.
- [37] Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft Landesentwicklung und Energie: *"Energieatlas Bayern. Wind. Daten und Fakten,"* 2019. .
- [38] Fraunhofer ISE: *"Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende,"* p. 52, 2020. Available: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/APV-Leitfaden.pdf>.
- [39] Fraunhofer ISE: *"Photovoltaik und Photosynthese – Pilotanlage am Bodensee kombiniert Strom- und Nahrungsmittelproduktion,"* 2016. .
- [40] Next2Sun: *"Next2Sun - Bilder."* .
- [41] S. Harrison: *"Bei Lichtenau ist die erste Photovoltaikanlager auf einer Kranstellfläche im Windpark errichtet worden,"* Westfalenwind, 2020. .
- [42] D. Saage: *"PV auf Kranstellflächen,"* in *Windenergietagung 2020*, 2020.
- [43] Clearingstelle EEG: *"Empfehlung zu Solarstromanlagen auf ‚Konversionsflächen‘ vom 1. Juli 2010,"* no. c, p. 77, 2010. Available: [https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/sites/default/files/2010-2\\_Empfehlung.pdf](https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/sites/default/files/2010-2_Empfehlung.pdf).

- [44] Bundesnetzagentur: "*Innovationsausschreibungen: Besondere Solaranlagen.*" p. 19, 2021.
- [45] T. Nordman: "*15 years of practical experience in development and improvement of bifacial photovoltaic noise barriers along highways and railways lines in switzerland,*" in *PV Conference*, 2012.
- [46] C. J. Muth: "*Ökostrom statt Lärm,*" *pv magazine Deutschland*, Feb-2017.
- [47] Ministerium für Wirtschaft, Innovation Digitalisierung und Energie; Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz; Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalen: "*Gemeinsame Erklärung: Initiative zum Ausbau der Photovoltaik im Gewerbe.*" Düsseldorf. Münster, 2021.
- [48] M. Pehnt: "*Wärmenetzsysteme 4.0. Endbericht - Kurzstudie zur Umsetzung der Maßnahme „Modellvorhaben erneuerbare Energien in hocheffizienten Niedertemperaturwärmenetzen“,*" Heidelberg, Berlin, Düsseldorf, Köln, 2017.
- [49] D. Pietruschka and U. Pietzsch: "*EnVisaGe. Abschlussbericht EnEff:Stadt-Projekt 1.7.2012 - 30.06.2017. Kommunale netzgebundene Energiversorgung -Vision 2020 am Beispiel der Gemeinde Wüstenrot. Ein kommunaler Cluster im Bereich EnEff:Stadt,*" Stuttgart, 2017.
- [50] Bundesverband Geothermie: "*Agrothermie,*" 2020. .

Anlage zur Konzeptstudie

Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen

# Agriphotovoltaik - vertikal

## Stromerzeugung

<b>Bezeichnung</b>	Agriphotovoltaik (APV) - vertikal
--------------------	-----------------------------------

<b>Beschreibung</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vertikale Aufständerung bifazialer Photovoltaikmodule auf landwirtschaftlichen Flächen</li> <li>- Ermöglicht gleichzeitige Nutzung von Flächen durch Landwirtschaft und Photovoltaik</li> <li>- Hauptkomponenten: bifaziale Photovoltaik-Module, Aufständerung</li> <li>- Reihenabstand variabel in Abhängigkeit von den Anforderungen der Landwirtschaft</li> <li>- Projektspezifische Ausführung:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reihenabstand 40 m</li> <li>- 3 Modulreihen</li> </ul> </li> </ul>	
	
<p>Abbildung 1: APV-Anlage der Firma Next2Sun bei Donaueschingen [1]</p>	

<b>Technologie-Eigenschaften</b>	
<i>technisch</i>	
Leistung	Bei 40 m Reihenabstand und 3 Modulreihen: 19 W/m <sup>2</sup>
Wirkungsgradbereich	15 - 22 % [2]
Bifazialität	85 – 98 % [3]
<i>wirtschaftlich</i>	
Lebensdauer	30 a [4]
Investitionskosten	Modulkosten: 380 €/kWp [5] Sonstige Anlagenkosten: 500 €/kWp [3]
Betriebskosten	15,8 €/a je kWp [4]

### Innovationspotenzial

- Gleichzeitige Landnutzung durch Landwirtschaft und Freiflächenphotovoltaik
- Einsatz bifazialer Photovoltaik-Module
- Projektspezifisch: APV auf Ackerland (bisherige APV-Anlagen nur auf Grünland)

### Beispielprojekte

Projekte der Firma Next2Sun [6]

- Solarpark Donaueschingen-Aasen (Europaweit größte APV Anlage)
  - Inbetriebnahme: 2020
  - Leistung: 4,1 MWp
  - Jahresenergieertrag: 4850 MWh/a
  - Landwirtschaftliche Nutzung: Heu und Silage
  - Stromnutzung: Netzeinspeisung nach EEG
  - Betreiber: Bürgersolkraftwerke Donaueschingen-Aasen GmbH
- Solarpark Eppelborn-Dirmingen
  - Inbetriebnahme: 2018
  - Leistung: 2 MWp
  - Jahresenergieertrag: 2150 MWh/a
  - Landwirtschaftliche Nutzung: Heu und Silage
  - Stromnutzung: Netzeinspeisung nach EEG
  - Betreiber: Ökostrom Saar Wind GmbH

### Weitere Informationen

Hersteller und potenzieller Partner: Next2Sun (<https://www.next2sun.de/>)

### Referenzen

- [1] Next2Sun: "Next2Sun - Bilder." Available: <https://www.next2sun.de/news-media/>.
- [2] K. Mertens: "Photovoltaik. Lehrbuch zu Grundlagen, Technologien und Praxis." München: Carl Hanser Verlag, 2013.
- [3] M. Fuhs: "pv magazine award für senkrechte Montage bifazialer Solarmodule," *pv magazine*, 2017.
- [4] D. Chudinow et al.: "Vertical bifacial photovoltaics – A complementary technology for the European electricity supply?," in: *Appl. Energy*, vol. 264, no. February, p. 114782, 2020. Available: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114782>.
- [5] M. Schachinger: "Erobern jetzt bifaziale Module den Markt?," *pv magazine*, 2019.
- [6] Next2Sun: "Agri-PV-Anlagen," 2021. Available: <https://www.next2sun.de/referenzen/#Agriphotovoltaik>.

Stand Erhebung: März 2021

# Windenergie

## Stromerzeugung

<b>Bezeichnung</b>	Windenergie
--------------------	-------------

### Beschreibung

- Stromerzeugung durch Umwandlung der kinetischen Windenergie in Rotations- und anschließend in elektrisch Energie [1]
- Hauptkomponenten: Rotor, Turm, Generator, je nach Ausführung Getriebe
- Ausführung der Windenergieanlagen mit Getriebe oder getriebelos (bspw. Ringgenerator)
- Standorte hauptsächlich auf landwirtschaftlichen Flächen [2]
- Dauerhafter Platzbedarf durch Fundament und Kranstellfläche: ca. 0,26 ha [3]



Abbildung 1: Windenergieanlage - N149 4.0-4.5 der Firma Nordex [4]

<b>Technologie-Eigenschaften</b>	
<i>technisch</i>	
Leistung	NRW Durchschnitt (Stand 2018): 3,1 MW Mögliche Leistung (Stand 2021): > 5 MW (bspw. Nordex Delta 163/5.X)
Wirkungsgradbereich	40 – 45 % [1]
Rotordurchmesser	NRW Durchschnitt (Stand 2018): 114 m Nordex Delta 163/5.X: 163 m
Nabenhöhe	NRW Durchschnitt (Stand 2018): 138 m Nordex Delta 163/5.X: 164 m

<i>wirtschaftlich</i>	
Lebensdauer	20 – 25 a [2]
Investitionskosten	1500 – 2000 [€/kW] [2]
Betriebskosten	56 [€/a je kW] [2]

### Innovationspotenzial

- Projektspezifisch: Hybridnutzung mit Agri-Photovoltaik und PV auf Kranstellflächen (vgl. entsprechende Steckbriefe)

### Herausforderungen

- Flächenverfügbarkeit erschwert durch Abstands-, Artenschutz- und Naturschutzregelungen
- Projektspezifisch: Liegezeit des Bodens von 10 – 15 Jahre muss für ausreichende Standsicherheit beachtet werden

### Beispielprojekte

#### Windpark Jüchen A44n [5]

- Standort: Südlich von Jüchen, beidseits der Autobahn A44n
- Inbetriebnahme: Baustart 2020
- Gesamtleistung: 27 MW
- Anlagenanzahl: 6
- Anlagentyp: Nordex N149 4.0/4.5

### Weitere Informationen

- Lokales Unternehmen der Windbranche: REA (<http://rea-dn.de/>)

### Referenzen

- [1] A. Reuter: "Windkraftanlagen. Technologiesteckbrief zur Analyse 'Flexibilitätskonzepte für die Stromversorgung 2050,'" Berlin, 2016.
- [2] Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik: "Windenergie Report Deutschland 2018," Stuttgart, 2018.
- [3] Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft Landesentwicklung und Energie: "Daten und Fakten," *Energieatlas Bayern*, 2020. Available: [https://www.energieatlas.bayern.de/thema\\_wind/daten.html](https://www.energieatlas.bayern.de/thema_wind/daten.html).
- [4] Nordex SE: "Pictures & Footage - Delta4000\_N149/4.0-4.5," 2018. Available: <https://www.nordex-online.com/en/news-media/#footage>.
- [5] Nordex Group: "Nordex baut im Auftrag von innogy Kooperationswindpark auf rekultivierter Fläche des Braunkohletagebaus Garzweiler," *Windkraft-Journal*, 2020.

Stand Erhebung: Mai 2020

# Photovoltaik auf Kranstellflächen

## Stromerzeugung

<b>Bezeichnung</b>	Photovoltaik auf Kranstellflächen
--------------------	-----------------------------------

### Beschreibung

- Freiflächenphotovoltaikanlage auf Kranstellflächen von Windenergieanlagen
- Aufständering
  - Ost-West Ausrichtung
  - 35 cm hoch [1]
  - Spezielle Aufständering möglich, die mehrfachen Auf- und Abbau ermöglicht, falls ein die Kranstellflächen genutzt werden muss (Entwicklung des Unternehmens Westfalenwind [1])
- Ungefähr jede 5. Kranstellfläche in Deutschland ist geeignet [2]



Abbildung 1: PV-Anlage auf einer Kranstellfläche [1]

Technologie-Eigenschaften	
<i>technisch</i>	
Leistung	Limitiert durch Größe der Kranstellflächen; Aktuell maximal 100 kWp am sinnvollsten, um Direktvermarktung zu vermeiden
Wirkungsgradbereich	15 – 22 % [3]

<i>wirtschaftlich</i>	
Lebensdauer	30 a [3]
Investitionskosten	600 €/kW [2]
Bürokratie- und Zertifikatskosten	100 €/a je kW [2]

<b>Innovationspotenzial</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kleinflächiges Hybridkraftwerk: zusätzliche Stromerzeugung auf den sonst ungenutzten Kranstellflächen</li> <li>- Untergestell: erlaubt schnellen Auf- und Abbau [1]</li> </ul>

<b>Herausforderungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wirtschaftlichkeit wird durch Bürokratiekosten verschlechtert (Zertifikatspflicht, Ausgleichsmaßnahmen, Baugenehmigung) [2]</li> <li>- Photovoltaikanlage zur Eigenbedarfsdeckung wäre am wirtschaftlichsten, da Windstrom höher vergütet wird als Photovoltaikstrom [2]. Dies ist rechtlich nur mit aufwändigen Messkonzept möglich.</li> </ul>

<b>Beispielprojekte</b>
<p>Photovoltaik auf Kranstellfläche im Windpark Lichtenau [1]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Unternehmen: Westfalenwind</li> <li>- Inbetriebnahme: 2020</li> <li>- Leistung: 100 kWp</li> <li>- Jahresertrag: 85.000 kWh</li> </ul>

<b>Weitere Informationen</b>
Beratung: Westfalenwind ( <a href="https://www.westfalenwind.de/">https://www.westfalenwind.de/</a> )

<b>Referenzen</b>
[1] S. Harrison, "Bei Lichtenau ist die erste Photovoltaikanlage auf einer Kranstellfläche im Windpark errichtet worden," <i>Westfalenwind</i> , 2020. <a href="https://www.westfalenwind.de/bei-lichtenau-ist-die-erste-photovoltaikanlage-auf-einer-kranstellflaeche-im-windpark-errichtet-warden/">https://www.westfalenwind.de/bei-lichtenau-ist-die-erste-photovoltaikanlage-auf-einer-kranstellflaeche-im-windpark-errichtet-warden/</a> .
[2] D. Saage, "PV auf Kranstellflächen," 2020.
[3] K. Mertens, <i>Photovoltaik. Lehrbuch zu Grundlagen, Technologien und Praxis</i> . München: Carl Hanser Verlag, 2013.

Stand Erhebung: Mai 2021

# Bauwerkintegrierte Photovoltaik

## Stromversorgung

<b>Bezeichnung</b>	Bauwerkintegrierte Photovoltaik
--------------------	---------------------------------

**Beschreibung**

- Mithilfe von Lichtenergie wird in der Photovoltaikanlage Strom erzeugt
- Bei Bauwerksintegrierter Photovoltaik (BIPV) erfüllt die Anlage, neben der Bereitstellung von Energie, mindestens eine weitere Aufgabe der Gebäudehülle
- Weitere Funktionen können Witterungsschutz und Wärmedämmung sein [1], [2]
- Anwendung findet die BIPV integriert in Dächer und Fassaden

Das Diagramm zeigt ein dreistöckiges Gebäude mit verschiedenen BIPV-Anwendungen:

- Dachintegration:** - Witterungsschutz, - Wärmedämmung
- Aufdachanlage ohne Integration:** (auf dem Dach)
- Brüstungselemente:** - Sichtschutz
- Überkopfverglasung:** - Witterungsschutz, - Sonnenschutz (z.B. teiltransparent)
- Fassade:** - Wärmedämmung, - Schallschutz (z.B. farbig)
- Sonnenschutz:** - Witterungsschutz, - Sonnenschutz (z.B. bewegliche Verschattung)

*Abbildung 1: Ausführungen und Funktionen von BIPV [3]*

<b>Technologie-Eigenschaften</b>	
<i>technisch</i>	
Ertrag	100 kWh/kWp bei Südausrichtung und Aufstellwinkel von 30° 750 kWh/kWp bei Südausrichtung und Aufstellwinkel von 90° [4]
Wirkungsgradbereich	16-22 % [4]
<i>wirtschaftlich</i>	
Lebensdauer	25 - 40 Jahre [4]
Investitionskosten	1500-4000 €/kWp [4]
Betriebskosten	1 – 5 %/a der Investitionskosten [4]

### Innovationspotenzial

- Ökonomische und ökologische Vorteile gegenüber herkömmlichen Bauelemente, aufgrund der mehrfachen Funktionen [4]
- Gemäß EU-Gebäuderichtlinie 2010/31/EU muss jedes Gebäude als Niedrigstenergiegebäude realisiert werden, BIPV kann eine Komponente zur Realisierung sein

### Herausforderungen

- Hohe bautechnische und sicherheitstechnische Anforderungen [5]
- Geregelt sind die BIPV nach Regulatorik DIN EN 50583-1 BIPV-Module und DIN EN 50583-2 BIPV-Anlagen

### Beispielprojekte

Solardachpfannen der Firma paXos [6]:

- Dachpfanne mit integriertem 14,5 W PV-Modul
- Optisch kaum Unterschiede zu herkömmlichen Dachpfannen
- Bisher nur in Forschungs- und Modellprojekten eingesetzt

Ärztzentrum Marburg [7]

- 120 Module integriert in die Fassade
- Vermarktung durch PPA

### Weitere Informationen

- Beratung: Helmholtz Zentrum Berlin – Beratungsstelle für BIPV ([https://www.helmholtz-berlin.de/projects/baip/index\\_de.html](https://www.helmholtz-berlin.de/projects/baip/index_de.html))

### Referenzen

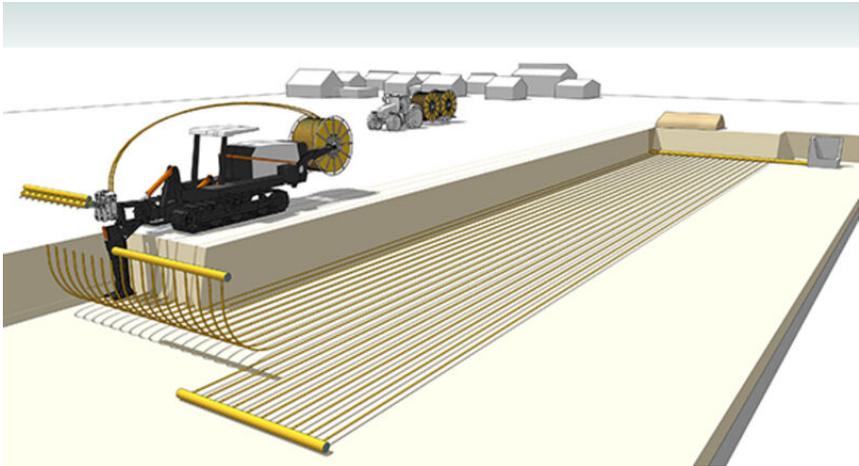
- [1] Nelskamp: "Solarziegelsystem (BIPV): Energie, Ästhetik und Gebäudehülle in einem."
- [2] Fraunhofer ISE: "Bauwerkintegrierte Photovoltaik (BIPV)," 2021. Available: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/energieeffiziente-gebäude/gebäudehülle/bauwerkintegrierte-pv-bipv.html>.
- [3] H. Z. Berlin: "Was ist BIPV?" Available: [https://www.helmholtz-berlin.de/projects/baip/bipv\\_de.html](https://www.helmholtz-berlin.de/projects/baip/bipv_de.html). Accessed am 09. Jun. 2021.
- [4] B. Rech et al.: "Schriftenreihe Energiesystem der Zukunft. Photovoltaik Technologiesteckbrief zur Analyse 'Flexibilitätskonzepte für die Stromversorgung 2050,'" Berlin, 2016.
- [5] Allianz Bauwerkintegrierte Photovoltaik e.V.: "Checkliste Brandsicherheit für bauwerkintegrierte Photovoltaik-Anlagen (BIPB). Bauordnungsrechtliche Vorgaben, Anwendungsregeln und Ausführungshinweise für den Planungsprozess und Bauablauf." Berlin, 2020.
- [6] paXos Consulting & Engineering: "Solardachpfanne Mild-Hybrid." Available: <https://www.paxos.gmbh.de/innovationen/solar/>.
- [7] K. Crome: "Bürgerenergie finanziert neue Photovoltaikfassade für Geschäftshaus - Blog ErneuerbareEnergien.NRW," 2021. Available: <https://www.energieagentur.nrw/blogs/erneuerbare/beitraege/buergerenergie-finanziert-neue-photovoltaikfassade-fuer-geschaeftshaus/>. Accessed am 09. Jun. 2021.

Stand Erhebung: Juni 2021

# Agrothermie

## Wärmeversorgung

<b>Bezeichnung</b>	Agrothermie
--------------------	-------------

<b>Beschreibung</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erdwärmekollektor unter landwirtschaftlichen Flächen [1]             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einbringen über Spezialflug</li> <li>- Installationstiefe: 2 m</li> <li>- Abstand der Rohrleitungen: 0,5 m – 1 m</li> </ul> </li> <li>- Wärmequelle für Wärmenetz: ca. 10°C</li> </ul>	
	
<p>Abbildung 1: Einbringen des Agrothermiekollektors mit Spezialflug [2]</p>	

<b>Technologie-Eigenschaften</b>	
<i>technisch</i>	
Wärmeentzug	28 – 32 kWh/m <sup>2</sup>
Temperatur	10 °C
<i>wirtschaftlich</i>	
Investitionskosten	Projekt „Vordere Vieweide“ Wüstenrot (s. unten) [1]: Agrothermiefeld (4.400 m <sup>2</sup> ): 284.000 € Netzanschlüsse an Wärmenetz: 29.600 €

<b>Innovationspotenzial</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Multiuse-Ansatz</li> <li>- Zuverlässige Wärmequelle zur Einbindung in ein Wärmenetz ermöglicht regenerative Wärmeversorgung von Quartieren</li> </ul>	

**Herausforderungen**

- Akzeptanz: Um eine wirtschaftliche Betriebsweisen zu erreichen, muss eine ausreichende Anschlussdichte erreicht werden. Dafür müssen sich möglichst viele BewohnerInnen für eine gemeinschaftliche Wärmeversorgung entscheiden. [1], [3]
- Frühe Partizipationsprozesse und ein sichergestellter Informationsfluss können hier förderlich wirken.

**Beispielprojekte**

## Plusenergiesiedlung „Vordere Viehweide“ Wüstenrot [1]

- Kommunales Ziel: Energieautarkie bis 2020
- Wärmeversorgung der Neubausiedlung „Vordere Viehweide“ durch ein kaltes Nahwärmenetz mit angeschlossenem Agrothermiekollektor
- Wärmedämmstandard: KfW 55
- Jährlicher Wärmebedarf: 288 MWh/a
- Hocheffiziente Wärmepumpen
- Größe des Agrothermiekollektors: 1,5 ha
  - Aufgeteilt in 2 Felder (1,06 ha und 0,44 ha) zur Untersuchung verschiedener Betriebsweisen

**Weitere Informationen**

Bundesverband Geothermie: <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/a/agrothermie.html>

Doppelacker: <http://doppelacker.com/>

**Referenzen**

- [1] D. Pietruschka and U. Pietzsch: *“EnVisaGe. Abschlussbericht EnEff:Stadt-Projekt 1.7.2012 - 30.06.2017. Kommunale netzgebundene Energiversorgung -Vision 2020 am Beispiel der Gemeinde Wüstenrot. Ein kommunaler Cluster im Bereich EnEff:Stadt,”* Stuttgart, 2017.
- [2] Bundesverband Geothermie: *“Agrothermie,”* 2020. Available: <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/a/agrothermie.html>.
- [3] M. Pehnt: *“Wärmenetzsysteme 4.0. Endbericht - Kurzstudie zur Umsetzung der Maßnahme „Modellvorhaben erneuerbare Energien in hocheffizienten Niedertemperaturwärmennetzen“,“* Heidelberg, Berlin, Düsseldorf, Köln, 2017.

Stand Erhebung: Juni 2021

# Wärmepumpe

## Wärmeversorgung

<b>Bezeichnung</b>	Wärmepumpe
--------------------	------------

**Beschreibung**

- Bei einer Wärmepumpe wird Umweltwärme entzogen und mithilfe von elektrischer Energie zum Heizen genutzt [1]
- Durch den Phasenübergang beim Verdampfen wird Energie frei, die genutzt werden kann [1]
- Das gleiche Prinzip wird bei einem Kühlschrank angewendet [1]
- Für die Umweltwärme werden zusätzliche Komponenten benötigt [1]
- Unterschieden wird nach Art der Wärmequelle in Luft-Wärmepumpen, Erdwärme-Wärmepumpen, Grundwasser-Wärmepumpen [2]

*Abbildung 1: Schematische Darstellung einer Wärmepumpe [3]*

Technologie-Eigenschaften	
<i>technisch</i>	
Leistung	1,7 – 58 kW (bietet Viessmann an) [2]
Leistungszahl	3,5 – 5,5 [2]
<i>wirtschaftlich</i>	
Lebensdauer	Luft-Wärmepumpen: 10 - 20 Jahren Erdwärme-Wärmepumpen: 25 – 30 Jahren [3]
Investitionskosten	Ca. 1000 €/kW [4]
Wartungskosten	200 €/a [5]

### Innovationspotenzial

- Wärmepumpen sind bereits im kleinen Maßstab, beispielsweise für den dezentralen Einsatz in Wohngebäuden, eine ausgereifte und kommerzielle Technologie
- Innovationspotenzial bietet hingegen der Einsatz von Großwärmepumpen für den Einsatz im gewerblichen Maßstab oder auf Quartiersebene

### Beispielprojekte

Neubau Bürogebäude und Filmstudio in Köln: [6]

- Leistung: 3 x 20 kW
- Luft-Wasser-Wärmepumpe
- Baujahr: 2015
- Unternehmen: HAUTEC

### Weitere Informationen

- Typische Hersteller für Wärmepumpen sind Vaillant und Viessmann
- Informationen gibt es bei der Energieagentur NRW: <https://www.energieagentur.nrw/geothermie/waermepumpen>

### Referenzen

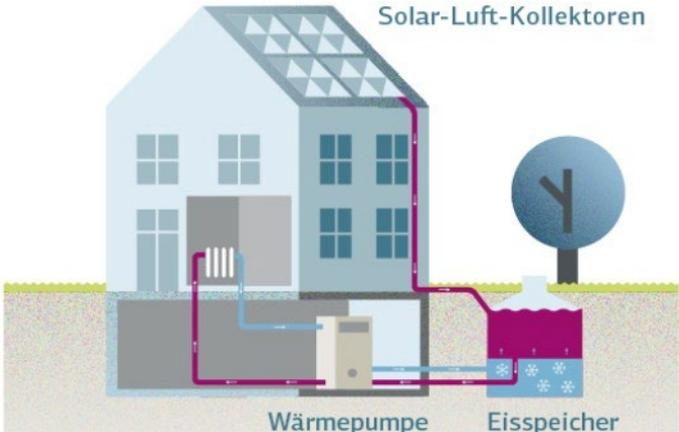
- [1] Energieagentur NRW: "Wärmepumpen-Marktplatz NRW Planungsleitfaden Wärmepumpen," 2012.
- [2] Viessmann: "Heizen mit Luft- und Erdwärme: VITOCAL," 2021. Available: <https://www.viessmann.de/de/wohngebaeude/waermepumpe.html>.
- [3] Verbraucherzentrale: "Heizen mit Wärmepumpe ist klimafreundlich," 2021. Available: <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/heizen-und-warmwasser/heizen-mit-waermepumpe-ist-klimafreundlich-wenn-die-bedingungen-stimmen-5439>.
- [4] Energie-Experten.org: "Kosten für Wärmepumpen," 2021. Available: <https://www.energie-experten.org/heizung/waermepumpe/waermepumpenheizung/kosten#c25164>.
- [5] Wegatech: "Kosten und Wirtschaftlichkeit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe," 2021. Available: <https://www.wegatech.de/ratgeber/waermepumpe/kosten-und-wirtschaftlichkeit/uebersicht/>.
- [6] HAUTEC: "Referenzprojekt: Bürogebäude mit Filmstudio," 2021. Available: <https://hautec.eu/project/buerogebaeude-und-filmstudio-koeln/>.

Stand Erhebung: Juni 2021

# Eisspeicher

## Wärmeversorgung

<b>Bezeichnung</b>	Eisspeicher
--------------------	-------------

<b>Beschreibung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Der Eisspeicher dient zur Wärmespeicherung und besteht hauptsächlich aus einer unterirdischen Zisterne</li> <li>– Im Inneren sind spiralförmig Leitungen verbaut, in denen eine frostgesicherte Sole zirkuliert [1]</li> <li>– Benötigt wird außerdem eine Wärmepumpe und z.B. solare Luftkollektoren zur Energie(/Wärme) -Gewinnung [1]</li> <li>– Die Wärmepumpe entzieht dem Wasser im Eisspeicher Wärme und so gefriert das Wasser in dem Eisspeicher. Die Wärme, die beim Phasenübergang frei wird, kann zum Heizen genutzt werden. [1]</li> <li>– Im Sommer kann mit der gewonnenen Wärme der Solar-Luft-Kollektoren der Eisspeicher wieder aufgetaut werden. Die freiwerdende „Kälte“ beim erneuten Phasenübergang kann im Sommer zum Kühlen genutzt werden. [1]</li> </ul>

<p>Abbildung 1: Funktionsschema eines Eisspeichers [2]</p>

<b>Technologie-Eigenschaften</b>	
<i>technisch</i>	
Leistung	6-17 kW (bietet z.B. Viessmann an) [3]
Leistungszahl	3,5 – 5,6 [3]
<i>wirtschaftlich</i>	
Lebensdauer	50 Jahre [4]
Investitionskosten	Ca. 15.000 €/kW <sub>Heizleistung</sub> [4]
Betriebskosten	Ca. 70 €/kW und Jahr [4]

**Innovationspotenzial**

- Relativ neue Technologie in der Anwendung, bisher wenig Anwendung

**Herausforderungen**

- Hohe Investitionskosten, aber umso größer die Anlage desto wirtschaftlicher wird sie aufgrund der geringen jährlichen Betriebskosten [4]

**Beispielprojekte**

Bürogebäude in Stutensee [5]:

- Unternehmen: Vollack
- Größe des Eisspeichers: 170 m<sup>3</sup>
- Fläche des Bürogebäudes: 3600 m<sup>2</sup>
- Fertigstellung: 2016

**Weitere Informationen**

Hersteller: Viessmann (<https://www.viessmann.de/de/wohngebaeude/waermepumpe/eis-energiespeicher.html>)

**Referenzen**

- [1] B. Rech et al.: *„Schriftenreihe Energiesystem der Zukunft. Photovoltaik Technologiesteckbrief zur Analyse ‚Flexibilitätskonzepte für die Stromversorgung 2050,“* Berlin, 2016.
- [2] KfW: *„Funktionsschema Eisspeicher,“* 2021. Available: [https://www.kfw.de/stories/kfw/bilder/umwelt/erneuerbare-energien/eisspeicher-koeln/eisspeicher-heizung-koeln\\_rs\\_text\\_image\\_landscape\\_large.jpg](https://www.kfw.de/stories/kfw/bilder/umwelt/erneuerbare-energien/eisspeicher-koeln/eisspeicher-heizung-koeln_rs_text_image_landscape_large.jpg).
- [3] Viessmann: *„Eis-Energiespeicher-Systeme,“* 2021. Available: <https://www.viessmann.de/de/wohngebaeude/waermepumpe/eis-energiespeicher/eis-energiespeicher-systeme-grossanlagen.html>.
- [4] J. W. Benjamin Schroeteler, Helene Sperle, Tom Felder, Marco Meier, Matthias Berger: *„Techno-ökonomische Bewertung von saisonalen Wärmespeichern - ein simulationsbasierter Ansatz,“* Luzern, 2020.
- [5] R. Reiter: *„Pressemitteilung - Vollack setzt auf hocheffiziente Gesamtlösung Pressemitteilung.“* Karlsruhe, 2016.

Stand Erhebung: Juni 2021

# Wasserelektrolyse

## Sektorenkopplung

<b>Bezeichnung</b>	Wasserelektrolyse
--------------------	-------------------

<b>Beschreibung</b>
---------------------

- Herstellung von Wasserstoff mithilfe der Elektrolyse aus Wasser und Strom
- Der Elektrolyseur besteht grundsätzlich aus: Wasser-/Stromanschluss, Elektrolyse, Gas-Reinigung, Verdichtung, Gasspeicherung [1]
- Es gibt drei verschiedene Ausführungen: PEM-, Alkalische-, Hochtemperatur-Elektrolyse [2]
- Voraussetzung ist die kontinuierliche Stromversorgung (aus regenerativen Quellen) und einen gesicherten Verwendungszweck für den Wasserstoff [1]
- Die Herstellung von Wasserstoff ist klimaneutral, wenn der verwendete Strom ausschließlich aus regenerativen Stromquellen kommt (grüner Wasserstoff) [2], [3]



Abbildung 1: Beispiel für einen Elektrolyseur in einem Container-Modell [4]

Technologie-Eigenschaften	
<i>technisch</i>	
Leistung	Serielle Ausführungen zwischen 0,5 und 2 MW In naher Zukunft werden zwischen 10 - 100 MW realisierbar
Wirkungsgradbereich	Ca. 73 %, mit Abwärmenutzung bis zu 93 % möglich
<i>wirtschaftlich</i>	
Lebensdauer	20 Jahre
Investitionskosten	1500 – 2300 €/kW
Betriebskosten	10 €/h

### Innovationspotenzial

- Bisher wenig bis keine kommerzielle Nutzung
- Im industriellen Maßstab ist die Elektrolyse noch in den Anfängen
- Technische Weiterentwicklungen werden in den nächsten Jahren erwartet [1]

### Herausforderungen

- Lange Genehmigungsphase mit hohen Anforderungen
- Wirtschaftlichkeit (Wasserelektrolyse ist noch kostenintensiv) [1]

### Beispielprojekte

Energiepark Mainz [5]:

- Mainzer Stadtwerke AG, Hochschule RheinMain, Siemens AG und Linde AG
- 6 MW PEM-Elektrolyseur
- Laufzeit: 2012 – 2017
- Seit 2017 kommerzieller Testbetrieb
- Verschiedene Anwendungen für den Wasserstoff, z.B. für eine naheliegende Tankstelle

### Weitere Informationen

- GTT (vorher Areva H2Gen) mit Standort in Köln als potenzieller Partner (Elektrolyseur Hersteller)
- EMCEL mit Standort in Köln (Ingenieurs- und Planungsbüro für Wasserstoffprojekte)

### Referenzen

- [1] F. Graf: R. Schoof: and M. Zdrallek: *“Power-to-Gas, Grundlagen - Konzepte - Lösungen.”* Essen: Vulkan-Verlag GmbH, 2021.
- [2] J. Mitzel and K. Andreas Friedrich: *“Wasserstoff und Brennstoffzelle,”* 2nd ed., vol. 70, no. 5. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2017.
- [3] Shell Deutschland Oil GmbH; Wuppertal Institut: *“Shell Wasserstoff-Studie - Energie der Zukunft?,”* Hamburg, 2017.
- [4] HZwei: *“Elektrolyseur-Beispiel,”* 2021. Available: <https://www.hzwei.info/blog/2017/05/15/elektrolyseur-hersteller-bringen-sich-in-stellung/>.
- [5] Mainzer Stadtwerke AG: *“Energiepark Mainz,”* 2015. Available: <https://www.energiepark-mainz.de/projekt/energiepark/>.

Stand Erhebung: Juni 2021

# Brennstoffzellen-BHKW

## Sektorenkopplung

<b>Bezeichnung</b>	Brennstoffzellen-BHKW (Brennstoffzellen-Heizung)
--------------------	--

### Beschreibung

- Mit der „kalten Verbrennung“ (chemische Reaktion zwischen zwei Elektroden, Umkehrung der Elektrolyse) wird Erdgas oder Wasserstoff direkt zu Strom umgewandelt [1]
- Die Abwärme lässt sich zusätzlich direkt nutzen, hier zu Heizzwecken
- Sektorenkopplung durch gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme
- Notwendig ist ein Gas-Anschluss oder Versorgung von Wasserstoff durch Trailer/Gasflaschen

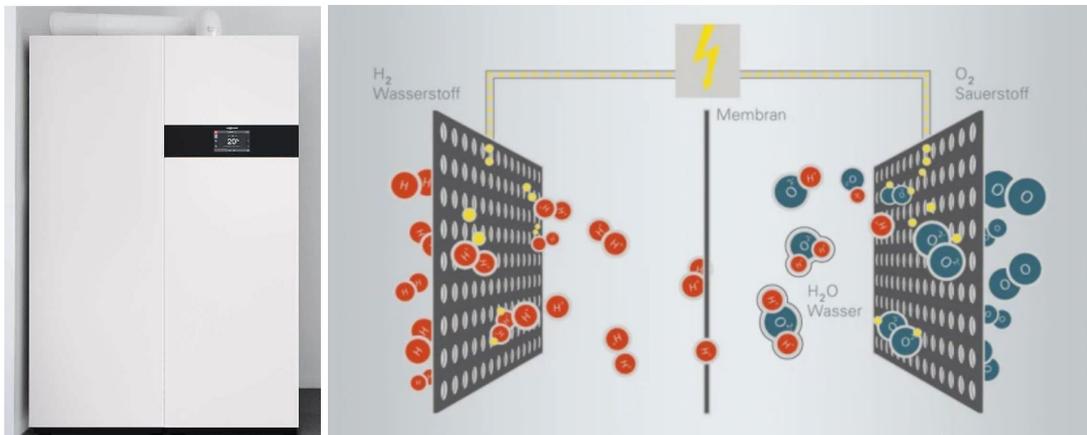


Abbildung 1: Links: Beispiel für eine Brennstoffzellen-Heizung [2]; rechts: Funktionsschaubild für Brennstoffzelle [3]

Technologie-Eigenschaften	
<i>technisch</i>	
Leistung	1-40 kW [3]
Wirkungsgradbereich	bis zu 95 % [1]
Temperaturbereich	Bis 80° C [4]
<i>wirtschaftlich</i>	
Lebensdauer	60.000-80.000 h [4]
Investitionskosten	20.000 €/kW [1]

**Innovationspotenzial**

- Brennstoffzellenheizungen werden bisher eher mit Erdgas versorgt [2]
- Innovationspotenzial besteht daher in dem Betrieb mit CO<sub>2</sub>-neutralen „grünem“ Wasserstoff

**Beispielprojekte**

Projekt Callux [5]:

- Ziel: Bis zu 800 Brennstoffzellen-Heizungen als Praxistest in Eigenheimen
- Leistung der eingesetzten Heizungen: 2 kW thermisch, 1 kW elektrisch
- Projektpartner: u.a. EnBW, E.ON und EWE
- Laufzeit: 2008 – 2015

**Weitere Informationen**

- Hersteller: u.a. Viessmann und Vaillant

**Referenzen**

- [1] Shell Deutschland Oil GmbH; Wuppertal Institut: "*Shell Wasserstoff-Studie - Energie der Zukunft?*," Hamburg, 2017.
- [2] E.ON: "*Brennstoffzellen-Heizung von Viessmann,*" 2021. Available: <https://www.eon.de/de/pk/heizung/brennstoffzellen-heizung/vitovvalor.html>.
- [3] Viessmann: "*Was ist eine Brennstoffzelle? – Energieeffizienz mit Umweltschutz,*" 2021. Available: <https://www.viessmann.de/de/wohngebaeude/welche-heizung/brennstoffzelle.html>.
- [4] KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH: "*Merkblatt Brennstoffzellenheizung,*" in: *Zukunft Altbau*, 2018. Available: [https://www.zukunftaltbau.de/fileadmin/user\\_upload/Expertenwissen/Brennstoffzelle/ZAB\\_Merkblatt\\_BZH\\_Handwerker\\_WEB.PDF](https://www.zukunftaltbau.de/fileadmin/user_upload/Expertenwissen/Brennstoffzelle/ZAB_Merkblatt_BZH_Handwerker_WEB.PDF).

Stand Erhebung: Juni 2021

# Quartierspeicher

## Sektorenkopplung

<b>Bezeichnung</b>	Quartierspeicher
--------------------	------------------

### Beschreibung

- Quartierspeicher sind große Stromspeicher, die häuserübergreifend Strom speichern und versorgen
- Der Quartierspeicher dient meist als Ergänzung für den erzeugten Solarstrom eines Quartiers
- Mit der Speicherung des Solarstroms können zeitliche Unterschiede von Stromverbrauch und Stromerzeugung ausgeglichen werden und so ein Quartier autarker gestalten [1], [2]
- Weitere Dienstleistung wie die Bereitstellung von Primärregelleistung können darüber als finanzieller Anreiz interessant sein [3]



Abbildung 1: Installation eines Quartierspeichers in einer Wohnsiedlung [1]

### Technologie-Eigenschaften

<i>technisch</i>	
Größe	100 – 1100 kWh [4] (In naher Zukunft sind auch größere Quartierspeicher denkbar)
Wirkungsgradbereich	95 % [5]
<i>wirtschaftlich</i>	
Lebensdauer	20 Jahre [5]
Investitionskosten	1000 €/kWh (stark sinkende Preise) [2]
gespeicherte kWh Strom	19 ct/kWh

### Innovationspotenzial

- Gemeinsamer Stromspeicher an Stelle von vielen dezentralen, privaten Stromspeichern
- Netz-Dienstleistungen, wie die Bereitstellung Primärregelleistung und Intraday-Handel [3]

### Herausforderungen

- Rechtliche und regulatorische Herausforderungen im Energiewirtschaftsgesetz
- Herausforderungen in einem geeigneten Dienstleistungsmodell, da verschiedene Akteure Strom in den Speicher ein- und auspeisen [1], [4]

### Beispielprojekte

ESQUIRE (Energiespeicherdienste für smarte Quartiere) [6]:

- Wohnquartier in Mannheim
- 875 kWp große PV-Anlage
- 96 kWh zentraler Stromspeicher
- Digitales Smart Grid mit einem Anschluss zum öffentlichen Netz
- Zusätzliche E-Ladesäule für PKW

### Weitere Informationen

Weitere Informationen zu Fördermöglichkeiten oder verschiedenen Modellprojekten finden sich bei der Energieagentur NRW unter [1]

### Referenzen

- [1] Energieagentur NRW: *„Erneuerbarer Strom aus dem Großquartierspeicher,“* 2020. Available: <https://www.energieagentur.nrw/blogs/erneuerbare/beitraege/erneuerbarer-strom-aus-dem-grossquartierspeicher/>.
- [2] F. Schnabel and K. Kreidel: *„Ökonomische Rahmenbedingungen für Quartierspeicher – Analyse der ökonomisch relevanten Kenngrößen für Energiedienstleistungen,“* Stutt, 2018.
- [3] R. Thomann: *„Strombank - Innovatives Betreibermodell für Quartierspeicher,“ Staatskolloquium Umweltforschung Baden-Württemberg.* Frankfurt, 2016.
- [4] S. C. Müller and I. M. Welpé: *„Quartierspeicher : Überblick über mögliche Geschäftsmodelle und Barrieren,“* in *electrical energy storage Forum*, 2017.
- [5] Energie-Experten: *„Berechnung und Vergleich von Stromspeicher-Kosten für Solaranlagen,“* 2021. Available: <https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/photovoltaik/stromspeicher/kosten>.
- [6] Institut für ökologische Wirtschaftsforschung: *„Energiespeicherdienste für smarte Quartiere (Esquire) Motivation-Hintergrund-Projekt design.“* Stuttgart, 2020.

Stand Erhebung: Juni 2021

# Wärmenetz 4.0

## Infrastruktur

<b>Bezeichnung</b>	Wärmenetz 4.0
--------------------	---------------

Beschreibung	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Wärmenetz als Alternative zu dezentraler Wärmebereitstellung</li> <li>– Wärmenetz 4.0 ist die 4. Generation des Wärmenetzsystems</li> <li>– Im Gegensatz zur 3. Generation beträgt die Temperatur unter 100 °C, was höhere Effizienz bedeutet (vgl. Abbildung 1) [1]</li> <li>– Im Wärmenetz 4.0 werden zusätzliche (regenerative) Energiequellen verwendet, wie z.B. Solarkollektoren oder Solarthermie [2]</li> <li>– Saisonale Speicher sichern zusätzlich mehr Flexibilität in der Versorgung</li> <li>– Das Wärmenetz 4.0 zeichnet sich durch erhöhte Effizienz und CO<sub>2</sub>-Einsparung aus [2]</li> </ul>	
<p>1G Dampf      2G In Situ      3G Prefabricated      4G LowEx</p>	
<p>Abbildung 1: Vergleich des bisherigen Wärmenetz mit dem Wärmenetz 4.0 hinsichtlich der Temperatur und Effizienz [2]</p>	

Technologie-Eigenschaften	
<i>technisch</i>	
Temperaturbereich	20 – 95 °C [2]
<i>wirtschaftlich</i>	
Nutzungskosten	7,5 – 14 ct/kWh [3]

### Innovationspotenzial

- Üblich ist bisher vor allem die dezentrale Wärmeversorgung z.B. durch Gaskessel
- Gegenüber den bisherigen Wärmenetzen führt der niedrigere Temperaturbereich zur Effizienzsteigerung und erleichtert die Einbindung regenerativer Wärmequellen
- Mit dem Wärmenetz 4.0 erfolgt die Wärmeversorgung zentral und soll diese dekarbonisieren [2]
- Die Innovation setzt sich aus den einzelnen Energiequellen in Kombination, den zusätzlichen saisonalen Speichermöglichkeiten sowie durch einen erhöhten Digitalisierungsgrad im Betriebsmodell zusammen [2]
- Projektspezifisch: Agrothermie als Wärmequelle (vgl. entsprechende Steckbrief)

### Herausforderungen

- Herausforderung ist das bestehende Wärmenetz nachhaltig umzurüsten auf das Wärmenetz 4.0
- Für die Umrüstung werden kurzfristig hohe Investitionskosten nötig sein
- Für einen wirtschaftlichen Betrieb muss eine ausreichende Wärmeabnahme im Gebiet gewährleistet sein

### Beispielprojekte

#### Kaltes Nahwärmenetz in Nümbrecht [4]

- Versorgung von 13 Gebäuden mit jeweils einer Hocheffizienzwärmepumpe
- Oberflächennahe Geothermie und Vakuumkollektoren als Wärmequelle
- Bau: 2017
- Netztemperaturen: 4 – 21°C

### Weitere Informationen

Weitere Informationen finden sich u.a. beim BMWi in [2], [5]

### Referenzen

- [1] BMWi: *„Innovative Lösungen: Wärmenetze 4.0 sind smart und besonders effizient,“* 2021. Available: <https://www.deutschland-machts-effizient.de/KAENEF/Redaktion/DE/Standardartikel/Dossier/waermenetze-4-0-waermeinfrastruktur.html>.
- [2] M. Pehnt: *„Kurzstudie zur Umsetzung der Maßnahme „Modellvorhaben erneuerbare Energien in hocheffizienten Niedertemperaturwärmenetzen“,“* Heidelberg, Berlin, Düsseldorf, Köln, 2017.
- [3] Energieagentur Regensburg e.V.: *„Mögliche Wärmenetze in Alteglofsheim.“* Alteglofsheim, 2018.
- [4] Energieagentur NRW: *„»Kaltes« Nahwärmenetz spart 40.000 kg CO2 im Jahr,“* 2017. .
- [5] BMWi: *„Wärmenetze bringen Wärmewende in Schwung,“* 2021. Available: <https://www.deutschland-machts-effizient.de/KAENEF/Redaktion/DE/Standardartikel/Dossier/waermenetze-bringen-waermewende-in-schwung.html>.

Stand Erhebung: Juni 2021

# Wasserstoffnetz

## Infrastruktur

**Bezeichnung**

Wasserstoffnetz

**Beschreibung**

- Wasserstoffpipelines dienen zur Verteilung von Wasserstoff z.B. von großen Elektrolyse-Anlagen zu Tankstellen und großindustriellen Wasserstoffverbraucher [1]
- Im Gegensatz zum Erdgasnetz wird in das Wasserstoffnetz ausschließlich Wasserstoff mit einer hohen Reinheit eingespeist [1]
- Bis 2030 soll es in Deutschland 1300 km Wasserstoffleitungen geben (davon 240 Kilometer in NRW) [2]
- Eine Möglichkeit für Wasserstoffnetze ist, stillgelegte Erdgasnetze auf Wasserstoffnetze umzurüsten [1]
- Wasserstoffnetze benötigen eine höhere Anforderung als Erdgasnetze [1]
- Wasserstoffnetze können zusätzlich als Speicher von Wasserstoff genutzt werden [1]

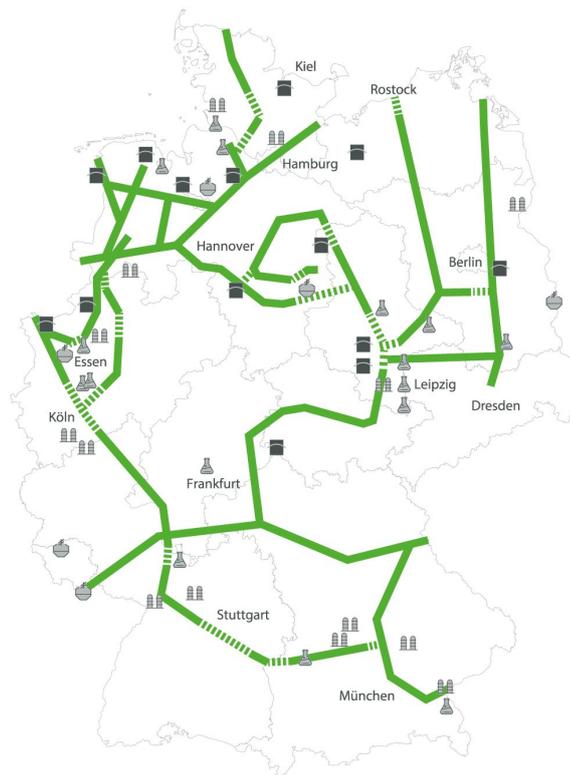


Abbildung 1 Entwurf der Gasnetzbetreiber für eine Wasserstoffinfrastruktur bis 2050 [3]

Technologie-Eigenschaften	
<i>technisch</i>	
Druckbereich	Ca. 300 bar [3]

Innovationspotenzial
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Installation von regionalen „Mikronetzen“</li> <li>– Diese können langfristig auch mit überregionalen Wasserstoffnetzen verbunden werden [1]</li> </ul>

Herausforderungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hohe Investitionskosten für die Installation oder Umrüstung von Wasserstoffpipelines, die aufgrund der Distribution von Wasserstoff hohe Anforderungen benötigen</li> <li>– Wirtschaftlich erst dann, wenn hohe Mengen Wasserstoff transportiert werden [3]</li> </ul>

Beispielprojekte
<p>Projekt Get H2 Nukleus [4]:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Umsetzung eines ersten Teilabschnitts einer Wasserstoffinfrastruktur von Lingen nach Gelsenkirchen</li> <li>– Länge: 135 km</li> <li>– Einspeisung hauptsächlich durch eine Elektrolyseanlage mit einer Leistung von 100 MW</li> <li>– Fertigstellung bis 2024</li> <li>– Projektpartner unter anderem RWE</li> </ul>

Referenzen
<p>[1] Shell Deutschland Oil GmbH; Wuppertal Institut: <i>“Shell Wasserstoff-Studie - Energie der Zukunft?”</i>, Hamburg, 2017.</p> <p>[2] D. und E. des L. N. Ministerium für Wirtschaft, Innovation: <i>“Wasserstoff Roadmap NRW,”</i> 2020.</p> <p>[3] P. Adam; S. Engelshove; and F. Heunemann: <i>“Wasserstoffinfrastruktur – tragende Säule der Energiewende,”</i> 2020. Available: <a href="https://www.get-h2.de/wp-content/uploads/200915-whitepaper-h2-infrastruktur-DE.pdf">https://www.get-h2.de/wp-content/uploads/200915-whitepaper-h2-infrastruktur-DE.pdf</a>.</p> <p>[4] Nowega GmbH: <i>“GET H2 – Mit Wasserstoff bringen wir gemeinsam die Energiewende voran.,”</i> 2021. Available: <a href="https://www.get-h2.de/wp-content/uploads/geth2_infobroschuere_4seiter_200311.pdf">https://www.get-h2.de/wp-content/uploads/geth2_infobroschuere_4seiter_200311.pdf</a>.</p>

Stand Erhebung: Juni 2021

# Wasserstoffspeicher

## Infrastruktur

<b>Bezeichnung</b>	Wasserstoffspeicher
--------------------	---------------------

### Beschreibung

- Die Wasserstoffspeicherung kann in physikalische und stoffliche Speicherung eingeteilt werden, wobei die stofflichen Speicher noch in der Entwicklung sind [1]
- Physikalische Speicherung wird in Druckspeicherung und tiefgekühlte Speicherung eingeteilt
- Druckspeicherung: Bei 50 – 1000 bar in Stahl-Composite Druckbehälter, je nach Verwendungszweck. Für großtechnische Wasserstoffspeicher kommen Salzkavernen in Frage [1]
- Flüssige Speicherung (liquid Hydrogen): tiefgekühlter flüssiger Wasserstoff bei - 253 °C, im Einsatz bei Verwendungen mit erforderlicher hoher Energiedichte [1]



Abbildung 1: Wasserstoff-Druckspeicher neben einer Elektrolyse-Anlage [2]

Technologie-Eigenschaften	
<i>technisch</i>	
Speichergröße	Sämtliche Speichergrößen denkbar, Energiepark Mainz als Beispiel [3]: - 780 kg Speicherkapazität: entspricht ca. 26 MWh
Wirkungsgradbereich	98,5 % [1]
<i>wirtschaftlich</i>	
Investitionskosten	124 €/kg [4]

**Innovationspotenzial**

- Wasserstoff lässt sich im Vergleich zu elektrischer Energie gut und über lange Zeiträume speichern [1]

**Herausforderungen**

- Bei Hochdruckspeichern sind sicherheitsrelevante Aspekte wie Explosionsschutz zu beachten, jedoch gibt es langjährige Erfahrung mit Gasspeicherung [1]
- Bei Flüssiggasspeicher sind ebenfalls sicherheitsrelevante Aspekte bezüglich der tiefen Temperaturen zu beachten, zusätzlich ist der Energieaufwand für die Tiefkühlung zu beachten [1]

**Beispielprojekte**

Energiepark Mainz als Best-Practice Projekt [3]:

- Druckgasspeicher der Firma Linde AG
- Größe: 2 x 82 m<sup>3</sup>, 780 kW, 26 MWh
- Speicherdruck: 20- 80 bar

**Weitere Informationen**

Wichtiger Hersteller für Wasserstoffspeicher ist die Linde AG ([https://www.linde-gas.de/de/processes/hydrogen\\_technology/index.html](https://www.linde-gas.de/de/processes/hydrogen_technology/index.html))

**Referenzen**

- [1] Shell Deutschland Oil GmbH; Wuppertal Institut: "Shell Wasserstoff-Studie - Energie der Zukunft?," Hamburg, 2017.
- [2] BDEW: "Wasserstoff in der Praxis," 2021. Available: <https://www.bdew.de/energie/wasserstoff/wasserstoff-der-anwendung/>.
- [3] Mainzer Stadtwerke: "Technische Daten des Energieparks Mainz," 2021. Available: <https://www.energiepark-mainz.de/wissen/technische-daten/>.
- [4] J. Mathiak; A. Heinzel; and C. Spitta: "Wirtschaftlichkeitsanalyse zur Wasserstoffbereitstellung," in: *Dtsch. Wasserstoff-Energietag*, pp. 1–6, 2004. Available: [https://www.zbt-duisburg.de/fileadmin/user\\_upload/01-aktuell/05-publikationen/05-vortraege/2004/ZBT-Duisburg-DWET-2004.pdf](https://www.zbt-duisburg.de/fileadmin/user_upload/01-aktuell/05-publikationen/05-vortraege/2004/ZBT-Duisburg-DWET-2004.pdf).

Stand Erhebung: Juni 2021

# Photovoltaik in Lärm- & Windschutzwänden

## Stromerzeugung

**Bezeichnung**

Photovoltaik in Lärm- &amp; Windschutzwänden

**Beschreibung**

- Photovoltaikmodule in oder auf Lärm- und Windschutzwänden
- Verschiedene Ausführungen individuell an Standort angepasst [1]
- Mögliche, beispielhafte Ausführungen:
  - Senkrechte Integration der (bifazialen) Photovoltaikmodule [1]
  - (Nachträgliche) Befestigung der Photovoltaikmodule an der Wand mit optionaler Modulneigung [2]
  - Als Überdachung (vgl. Abbildung 2)
- Hauptkomponenten: Photovoltaikmodul, Halterung zur Nachrüstung an Lärm- oder Windschutzwand bzw. Lärm- oder Windschutzwand mit vorgesehener Integrationsmöglichkeit



Abbildung 1: Lärmschutzwand mit integrierten bifazialen Photovoltaikmodulen in Neuötting [2]



Abbildung 2: Visualisierung Überdachung mit integrierten PV-Modulen [3]

<b>Technologie-Eigenschaften</b>	
<i>technisch</i>	
Leistung	~ 30 – 40 kWp pro 100 m Abhängig von der Ausführung (integriert, bifazial etc.)
Wirkungsgradbereich	15 – 22 % [4]
<i>wirtschaftlich</i>	
Lebensdauer	30 a [5]
Investitionskosten	Abhängig von der Ausführung (integriert, bifazial etc.) Projekt Neuötting (s.u.): Investitionskosten für Lärmschutz- wand + 15% [2]

<b>Innovationspotenzial</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Multiuse-Ansatz, um Photovoltaikkapazität zu erhöhen ohne Freiflächen zu belasten</li> <li>– Anteil Lärmschutzwände mit PV: 1 % [1]</li> <li>– Projektspezifisch: Einsatz als Windschutz</li> </ul>

<b>Herausforderungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Behördliche Zurückhaltung, unter Umständen aufgrund von Mehrkosten und Aufwand durch Bau und Wartung [1]</li> </ul>

<b>Beispielprojekte</b>
<p>Umsetzungsprojekt Neuötting [2]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lärmschutzwand mit integrierter Photovoltaik</li> <li>- Länge: 234 m</li> <li>- Höhe: 5 m</li> <li>- Leistung: 65 kWp</li> <li>- Jahresertrag: 58 MWh</li> <li>- Bau: 2016</li> </ul> <p>Forschungsprojekt PVwins – Entwicklung von wandintegrierten PV-Elementen für den Lärm-schutz [6]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Durchführung: Fraunhofer ISE</li> <li>– Projektpartner: R. Kohlhauser GmbH; Megasol Energie AG; Energiegenossenschaft Inn-Salzach eG; Bundesanstalt für Straßenwesen; Deutsches Zentrum für Schienenver-kehrsforschung des Eisenbahn-Bundesamt</li> <li>– Zeitraum: 04/2020 – 03/2023</li> <li>– Auftraggeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)</li> </ul>

**Weitere Informationen**

Hersteller: Kohlhauer (<https://www.kohlhauer.com/>)

**Referenzen**

- [1] M. Gorgus: "Solar-Lärmschutz mit Durchblick. Optisch ansprechende: Für Photovoltaik optimierter Schallschutz," *Sonnenenergie*, 2017.
- [2] C. J. Muth: "Ökostrom statt Lärm," *pv magazine Deutschland*, 27-Feb-2017.
- [3] Fraunhofer ISE: "PV-Süd – PV-Straßenüberdachung," 2021. Available: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/pv-sued.html>. Accessed am 24. Aug. 2021.
- [4] K. Mertens: "Photovoltaik. Lehrbuch zu Grundlagen, Technologien und Praxis." München: Carl Hanser Verlag, 2013.
- [5] D. Chudinow et al.: "Vertical bifacial photovoltaics – A complementary technology for the European electricity supply?," in: *Appl. Energy*, vol. 264, no. February, p. 114782, 2020. Available: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114782>.
- [6] Fraunhofer ISE: "PVwins – Entwicklung von wandintegrierten PV-Elementen für den Lärmschutz," 2021. Available: [ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/pvwins.html](https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/pvwins.html).

Stand Erhebung: August 2021

# EE-Hybridkraftwerk

## Infrastruktur

<b>Bezeichnung</b>	EE-Hybridkraftwerk
--------------------	--------------------

### Beschreibung

- Kombination von verschiedenen regenerativen Erzeugungsarten und Sektorenkopplung: u.a. Windenergie, PV, KWK, Elektrolyse, Batteriespeicher (vgl. Abbildung 1)
- Diversifizierung der Erzeugung führt zu gleichmäßigerer Einspeisung und somit zur Netzstabilisation und zur Absenkung der notwendigen Übertragungskapazitäten [1]
- Integration von Sektorenkopplung trägt zur Dekarbonisierung des Verkehrs- und Industriesektors bei

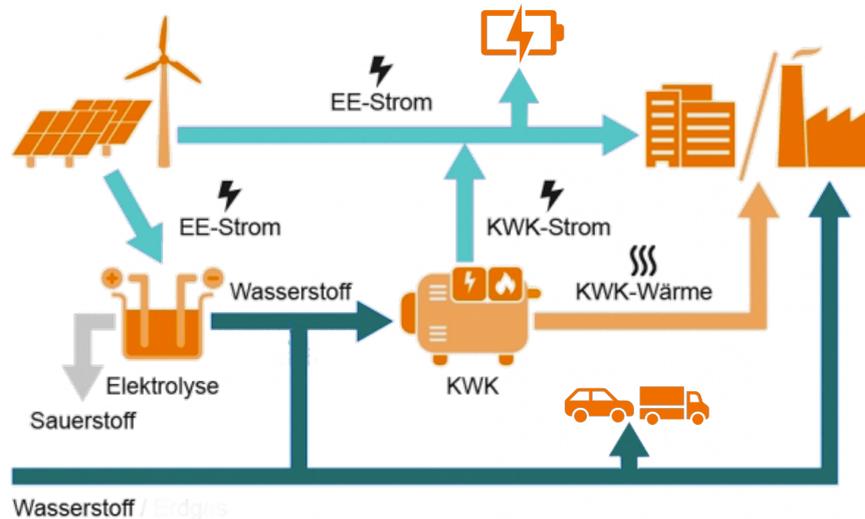


Abbildung 1: Möglicher Aufbau eines Hybridkraftwerkes [eigene Darstellung basierend auf [2]]

- Windkraft- und PV-Anlagen:
  - o können unter Beachtung der rechtlichen Rahmenbedingungen auf einer Fläche vereint werden (vgl. Abbildung 2)
  - o können Basis für Sektorenkopplung sein (Batteriespeicher, Elektrolyse)



Abbildung 2: Formen von Wind-PV-Kraftwerken (li: APV-Pilotanlage in direkter Nähe zu Windenergieanlagen [3]; re: PV auf Kranstellfläche einer Windenergieanlage[4])

### Innovationspotenzial

Projektspezifisch:

- Kombination von APV und Wind ermöglicht neben hybrider Energieerzeugung landwirtschaftliche Flächennutzung
- Kein vergleichbares Projekt bekannt
- Energieerzeugung aus Hybridkraftwerk als Basis für Sektorenkopplung in umliegenden Teilprojekten

### Herausforderungen

- Rechtliche Rahmenbedingungen:
  - o Hybride Nutzung muss raumplanerisch vorgesehen werden
  - o Hybride Umsetzung findet noch keine Berücksichtigung im Ausschreibungsverfahren [1]
- Planungs- und Umsetzungsprozess [5]
  - o Abstimmung Bauplanung und – ausführung, um parallele Umsetzung sicherzustellen
  - o Anpassung des SCADA Systems

### Beispielprojekte

Energiepark Haringvliet Zuid (Goeree-Overflakkee, NL) [6]

- 2019
- 6 Windenergieanlagen: 22 MW
- 115.000 Solarmodule: 38 MW
- Batteriespeicher

### Referenzen

- [1] RWE: "Hybridkraftwerke: Doppelt hält besser," *en:former*, 2020. Available: <https://www.en-former.com/hybridkraftwerke-doppelt-haelt-besser/>.
- [2] EnergieAgentur.NRW GmbH: "Wasserstoffbasierte Kraft-Wärme-Kopplung (H2-KWK)," *KWK NRW*, 24-Nov-2020. Available: <http://www.kwk-fuer-nrw.de/wasserstoffbasierte-kraft-waerme-kopplung-h2-kwk-29684.asp?find=>. Accessed am 24. Aug. 2021.
- [3] Next2Sun: "Agri-PV-Anlagen," 2021. Available: <https://www.next2sun.de/referenzen/#Agriphotovoltaik>.
- [4] S. Harrison: "Bei Lichtenau ist die erste Photovoltaikanlage auf einer Kranstellfläche im Windpark errichtet worden," *Westfalenwind*, 2020. Available: <https://www.westfalenwind.de/bei-lichtenau-ist-die-erste-photovoltaikanlage-auf-einer-kranstellflaeche-im-windpark-errichtet-worden/>.
- [5] N. Weinhold: "Neues Hybridkraftwerk aus Wind und Solar," *ERNEUERBARE ENERGIEN*, 03-Apr-2021. Available: <https://www.erneuerbareenergien.de/technik/solartechnik/techniktrend-neues-hybridkraftwerk-aus-wind-und-solar>. Accessed am 24. Aug. 2021.
- [6] Vattenfall: "About the energy park - Haringvliet Zuid Energy Park," 2021. Available: <https://energieparkharingvlietzuid.nl/energiepark-haringvliet/>. Accessed am 24. Aug. 2021.

Stand Erhebung: August 2021