

Studie

Best Practice Klimaschutz

Beispiele für erfolgreiche Projekte zur Umsetzung von Klimaschutz in Deutschland



Studie

Best Practice Klimaschutz

Beispiele für erfolgreiche Projekte zur Umsetzung von
Klimaschutz in Deutschland

Autorinnen und Autoren

Nico Dietzsch
Johanna Draeger-Gebhard
Stina Marie Lorenz
Claudia Münch
Natascha von Pentz

Im Auftrag der

Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)

Abschlussdatum

Dezember 2024

Das Unternehmen im Überblick

Prognos – wir geben Orientierung.

Die Prognos AG ist eines der ältesten Wirtschaftsforschungsunternehmen Europas. An der Universität Basel gegründet, forschen Prognos-Expertinnen und -Experten seit 1959 für verschiedenste Auftraggeber aus dem öffentlichen und privaten Sektor – politisch unabhängig, wissenschaftlich fundiert. Die bewährten Modelle der Prognos AG liefern die Basis für belastbare Prognosen und Szenarien. Mit über 200 Expertinnen und Experten ist das Unternehmen an zehn Standorten vertreten: Basel, Berlin, Bremen, Brüssel, Düsseldorf, Freiburg, Hamburg, München, Stuttgart und Wien. In Wien sitzt die Prognos Europe GmbH, unsere Tochtergesellschaft in Österreich. Die Projektteams arbeiten interdisziplinär, verbinden Theorie und Praxis, Wissenschaft, Wirtschaft und Politik.

Geschäftsführer

Christian Böllhoff

Präsident des Verwaltungsrates

Dr. Jan Giller

Handelsregisternummer

Berlin HRB 87447 B

Umsatzsteuer-Identifikationsnummer

DE 122787052

Rechtsform

Aktiengesellschaft nach schweizerischem Recht; Sitz der Gesellschaft: Basel-Stadt
Handelsregisternummer
CH-270.3.003.262-6

Gründungsjahr

1959

Arbeitssprachen

Deutsch, Englisch, Französisch

Hauptsitz der Prognos AG
in der Schweiz

Prognos AG

St. Alban-Vorstadt 24
4052 Basel

Weitere Standorte der
Prognos AG in Deutschland

Prognos AG

Goethestr. 85
10623 Berlin

Prognos AG

Domshof 21
28195 Bremen

Prognos AG

Werdener Straße 4
40227 Düsseldorf

Prognos AG

Heinrich-von-Stephan-Str. 17
79100 Freiburg

Prognos AG

Rödingsmarkt 9
(c/o Mindspace | 2. Etage)
20459 Hamburg

Prognos AG

Nymphenburger Str. 14
80335 München

Prognos AG

Eberhardstr. 12
70173 Stuttgart

Standort der Prognos AG
in Belgien

Prognos AG

Résidence Palace, Block C
Rue de la Loi 155
1040 Brüssel

Tochtergesellschaft
in Österreich

Prognos Europe GmbH

Walcherstraße 11
1020 Wien

info@prognos.com | www.prognos.com | www.linkedin.com/company/prognos-ag

Inhaltsverzeichnis

Das Unternehmen im Überblick	III
Inhaltsverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	VI
Quellenverzeichnis	VII
0 Zusammenfassung	1
0 Executive Summary	4
1 Hintergrund und Ziele der Studie	7
2 Methodisches Vorgehen	8
2.1 Entwicklung einer Best Practice-Longlist: Kriteriengeleitete Identifikation von 25 Best Practice-Beispielen	8
2.2 Ausarbeitung der Best Practice-Shortlist: Analytische Aufbereitung von 13 Best Practice-Beispielen	10
2.3 Ableitung von Handlungsempfehlungen	10
3 Vorstellung der Klimatransformationsprojekte	11
Best Practices im Emissionssektor Gebäude	12
Eisbärhaus – Emissionsarmes Bauen	13
MAGGIE – Energetische Modernisierung des genossenschaftlichen Wohnquartiers Margaretenau in Regensburg	17
Seriellles Sanieren – Energiesprong	21
Best Practices im Emissionssektor Energie	25
Großwärmepumpe Berlin-Köpenick	26
Kopernikus Projekt SynErgie – Synchronisierung der industriellen Energienachfrage mit zunehmend fluktuierendem Energieangebot	30
Schleswiger Stadtwerke GmbH – Kalte Nahwärme	35

Best Practices im Emissionssektor Verkehr	39
NextLevel Ladepark der EnBW	40
Umstellung auf E-Mobilität im öffentlichen Busverkehr im Landkreis Ludwigslust-Parchim	43
ZUKUNFT.DE - Elektromobilität in der Paketzustellung	47
Best Practices im Emissionssektor Industrie	51
Abwärmenutzung der Stadtwerke Karlsruhe	52
ErfMemDekZem – CCU/CCS in der Zementindustrie	56
SALCOS – Salzgitter Low CO2 Steelmaking	59
Sortenreines Metallrecycling durch LIBS-Technologie	63
4 Handlungsempfehlungen	67
4.1 Handlungsempfehlungen für die Praxis	67
4.2 Handlungsempfehlungen an Politik und Intermediäre	71
Anhang	75
Impressum	77

Abkürzungsverzeichnis

AGFW	Arbeitsgemeinschaft Fernwärme
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEW	Bundesförderung für Effiziente Wärmenetze
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
CO ₂ äq	Kohlendioxid-Äquivalent
COP	Coefficient of Performance
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
GWP	Großwärmepumpe
HMWVW	Hessische Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum
IAO	(Fraunhofer)-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation
KEP	Kurier-, Express- und Paketdienste
KI	Künstliche Intelligenz
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
kW _p	Kilowatt-Peak
Mio.	Million
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
PV	Photovoltaik
VLP	Verkehrsgesellschaft Ludwigslust-Parchim

Quellenverzeichnis

- AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. (2024): Reallabor der Energiewende: Großwärmepumpen in Fernwärmenetzen. <https://www.agfw.de/reallabor-gwp/> (online, abgerufen am 30.10.2024)
- Agora Energiewende / FutureCamp / Wuppertal Institut / Ecologic Institut (2021): Klimaschutzverträge für die Industrietransformation: Analyse zur Stahlbranche. https://www.agora-industrie.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_10_DE_KIT/AEW_230_Klimaschutzvertraege-Industrietransformation-Stahl_WEB.pdf (online, abgerufen am 30.10.2024)
- Agora Energiewende / ifok / BPIE (2024): Serielle Sanierung. Effektiver Klimaschutz in Gebäuden und neue Potenziale für die Bauwirtschaft. https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-11_DE_Serielle_Sanierung/A-EW_323_Serielle_Sanierung_WEB.pdf (online, abgerufen am 20.11.2024)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020): Die Nationale Wasserstoffstrategie. <https://www.bmbf.de/SharedDocs/Downloads/files/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf> (online, abgerufen am 30.10.2024)
- Bundesstelle für Energieeffizienz (2023): Schlüsselberufe und Schlüsselkompetenzen in der Energieeffizienz. Endbericht 2023 – BfEE 21/07. https://www.bfee-online.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/BfEE/DE/Effizienzpolitik/230821_schluessselberufe_schluessselkompetenzen.html (online, abgerufen am 30.10.2024)
- Cluster Dekarbonisierung der Industrie (2023): Fachkräfte für die Dekarbonisierung der Industrie: Qualifizierungsbedarf und Handlungsempfehlungen. <https://www.cluster-dekarbonisierung.de/de/landingpages/studie-fachkraefte-fuer-die-dekarbonisierung.html> (online, abgerufen am 30.10.2024)
- Deutsche Bundesstiftung Umwelt (o. J.): Prototypanlage zur Felderprobung des hochdynamischen quantifizierten Metallrecyclings (Projektdurchführung). <https://www.dbu.de/projektdatenbank/37088-01/> (online, abgerufen am 30.10.2024)
- Deutsche Energie-Agentur (dena) (2021): ESP startet Innovation Wave. <https://www.dena.de/infocenter/esp-startet-innovation-wave/> (online, abgerufen am 20.11.2024).
- Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (2024): Industrielle Abwärme: Kriterien und Potenziale in NRW. <https://www.ewi.uni-koeln.de/de/aktuelles/industrielle-abwaerme-kriterien-und-potenziale-in-nrw/> (online, abgerufen am 27.11.2024)
- Institut für Energieeffizienz in der Produktion der Universität Stuttgart (o. J.): Flexibilitätstechnologieentwicklung. <https://synergie-projekt.de/uebersynergie/arbeitsgebiete/flexibilitaetstechnologieentwicklung/> (online, abgerufen am 30.10.2024)
- KfW (2023): Paris-kompatible Sektorleitlinien der KfW Bankengruppe. Version 2 01/2023.
- Molliere, Max (2022): E-vans: Cheaper, greener, and in demand. Why it's time for the EU to ramp up supply. https://www.transportenvironment.org/uploads/files/2022_03_van_TCO_report-1.pdf (online, abgerufen am 30.10.2024)

- Passivhaus Institut (o. J.): Informationen zum Passivhaus - Was ist ein Passivhaus?
https://passiv.de/de/02_informationen/01_wasistpassivhaus/01_wasistpassivhaus.htm
 (online, abgerufen am 30.10.2024)
- Prognos (2022): Vergleich der CO₂-Emissionen beim Einsatz von Primär- und Recyclingrohstoffen zur Erzeugung der ausgewählten Metalle: Stahl, Kupfer und Aluminium.
- Quitterer, Hanna (2023): Nachhaltig versorgt mit kalter Nahwärme. <https://magazin.energie.de/artikel/nachhaltig-versorgt-mit-kalter-nahwaerme/> (online, abgerufen am 30.10.2024)
- Rohs, Maximilian / Krewerth, Felix (2023): E-Bus-Radar: Das Jahrzehnt des E-Busses nimmt Fahrt auf! <https://www.pwc.de/de/branchen-und-markte/oeffentlicher-sektor/pwc-e-bus-radar-2023.pdf> (online, abgerufen am 30.10.2024)
- Rusak, David / Castle, Bryan / Smith, Benjamin / Winefordner, James (1997): Fundamentals and Applications of Laser-Induced Breakdown Spectroscopy. In: Critical Reviews in Analytical Chemistry, Jg. 27, Vol. 4, S. 257 – 290.
- Steffens, Oliver et al. (2023): Energetische Modernisierung des genossenschaftlichen Wohnquartiers Margaretenau (MAGGIE) - Musterlösungen für solaroptimiertes Wohnen mit innovativen solaraktiven Baukonstruktionen und einem KI-gestützten Energiemanagement für eine netzdienliche, emissionsarme Strom- und Wärmelogistik. https://opus4.kobv.de/opus4-oth-regensburg/frontdoor/deliver/index/docId/5901/file/Das_MAGGIE-Buch.pdf (online, abgerufen am 30.10.2024)
- Wirtschaftsvereinigung Stahl (2023): Daten und Fakten zur Stahlindustrie in Deutschland. https://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/WV-Stahl_Fakten-2023_Web.pdf (online, abgerufen am 30.10.2024)
- Wirtz, Marco / Schreiber, Thomas / Müller, Dirk (2022): Survey of 53 Fifth-Generation District Heating and Cooling (5GDHC) Networks in Germany. In: Energy Technology, Jg. 10, Nr. 11, S. 1-12.

0 Zusammenfassung

Das deutsche Klimaneutralitätsziel bis zum Jahr 2045 ist ein ambitioniertes Vorhaben, das tiefgreifende Veränderungen in allen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bereichen erfordert. Die Transformation geht dabei über die reine Entwicklung technologischer Innovationen hinaus, und erfordert auch eine enge Zusammenarbeit verschiedenster Akteure. Die vorliegende Studie, im Auftrag der KfW durchgeführt, beleuchtet eine Auswahl von 13 Best Practice-Projekten in den vier Emissionssektoren Gebäude, Energie, Verkehr und Industrie, die einen Beitrag zur Erreichung des Klimaneutralitätszieles leisten.

Das zentrale Anliegen der Studie ist es, politische und wirtschaftliche Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger zu inspirieren und zu motivieren, sich aktiv an der grünen Transformation zu beteiligen. Durch die Analyse und Darstellung erfolgreicher Projekte bietet sie praxisnahe Impulse, die als Blaupause für künftige Maßnahmen dienen können. Die Abbildung zeigt eine Übersicht der in der Studie vorgestellten Best Practice-Beispiele.

 Gebäude	 Energie	 Verkehr	 Industrie
Eisbärhaus – Emissionsarmes Bauen	Großwärmepumpe Berlin – Köpenick	NextLevel Ladepark EnBW	Abwärmenutzung der Stadtwerke Karlsruhe
MAGGIE – Energetische Modernisierung	Kopernikus Projekt SynErgie – Synchronisierung der industriellen Energienachfrage	Umstellung auf E-Mobilität im öffentlichen Busverkehr im Landkreis Ludwigslust – Parchim	ErfMemDekZem CCU/CCS in der Zementindustrie
Seriell Sanieren – Energiesprung	Schleswiger Stadtwerke – Kalte Nahwärme	ZUKUNFT.DE – Elektromobilität in der Paketzustellung	SALCOS – Salzgitter Low CO2 Steelmaking
			Sortenreines Metallrecycling durch LIBS-Technologie

Die 13 Best Practices werden in ausführlichen Steckbriefen vorgestellt, mit Fokus auf deren Erfolgsfaktoren, Herausforderungen und innovativen Lösungsansätze. Sie zeigen auf, wie durch

- Zusammenarbeit,
- den Einsatz moderner Technologien und
- wirtschaftliche Nachhaltigkeit

klimafreundliche Strukturen gefördert werden können.

Basierend auf diesen Erkenntnissen formuliert die Studie praxisnahe Handlungsempfehlungen, die sich an Unternehmen, politische Entscheidungsträger und Intermediäre richten. Diese Empfehlungen zielen darauf ab, bereits im Vorfeld die notwendigen Voraussetzungen zu schaffen, um Herausforderungen effektiv zu bewältigen und innovative Lösungen zu fördern.

Handlungsempfehlungen an die Praxis

- **Vertragliche Regelung von Risiken und Chancen:** Um eine faire Verteilung etwaiger Risiken und Chancen zwischen Projektpartnern zu gewährleisten, empfiehlt es sich, durch vertragliche Vereinbarungen sicherzustellen, dass alle Beteiligten in verschiedenen Szenarien ähnliche Interessen verfolgen. Ein Beispiel für den Erfolg dieser Strategie ist das Beispiel zur Abwärmenutzung der Stadtwerke Karlsruhe, bei dem eine offene und transparente Kommunikation über Risiken und Chancen vor Projektbeginn als entscheidender Erfolgsfaktor diente.
- **Enger und persönlicher Kontakt zwischen den Projektverantwortlichen für den Aufbau von Vertrauensverhältnissen:** Der langfristige Erfolg eines Projekts hängt oft von einem vertrauensvollen persönlichen Verhältnis zwischen den Beteiligten ab, insbesondere wenn viele Akteure involviert sind. Regelmäßige Meetings, klare Kommunikationsrichtlinien und eine etablierte Feedbackkultur haben sich in verschiedenen Beispielen, z.B. bei ErfMemDekZem in der Zementindustrie oder den energetischen Sanierungsprojekten Maggie bzw. dem seriellen Sanieren in Herford, als Schlüssel zu einem offenen und konstruktiven Arbeitsumfeld erwiesen.
- **Nutzung digitaler Modelle:** Digitale Modelle bieten die Möglichkeit, neue Lösungen vor ihrer praktischen Umsetzung zu testen, was Kosten minimiert, und Effizienz steigert. Sie sind besonders bei neuen Technologien nützlich, wo praktische Erfahrungen begrenzt sind. In den dargestellten Beispielen haben sie sich insbesondere bei den energetischen Sanierungsprojekten als vorteilhaft erwiesen.
- **Einbindung vorhandenen Know-hows der Beschäftigten und gezielte Weiterbildungen:** Die Nutzung des bestehenden Fachwissens der Mitarbeitenden ist entscheidend, um Rückhalt und Effizienz in der Belegschaft zu stärken, wie das Beispiel der Schleswiger Stadtwerke zeigt. Gezielte Schulungen und Weiterbildungen können die Akzeptanz der neuen Technologien erhöhen und Einarbeitungszeiten reduzieren.
- **Flexibilität in der Projektentwicklung:** Die Einführung neuer Technologien kann Flexibilität erfordern, um auf unvorhergesehene Ereignisse reagieren zu können. Das Beispiel zur LIBS-Technologie im Metallrecycling zeigt, wie eine Umrüstung der Technologie und die damit verbundene flexible Anpassung der Projektziele und -strukturen zum langfristigen Erfolg führen können.
- **Zusammenarbeit mit Inkubatoren, Acceleratoren und Unternehmensnetzwerken:** Kooperationen mit Inkubatoren bieten insbesondere kleineren Unternehmen Zugang zu wertvollem Fachwissen, Netzwerken und potenzieller Finanzierung. Die serielle Sanierung in Herford und das Projekt ZUKUNFT.DE zur Elektromobilität in der Paketzustellung sind Beispiele dafür, wie solche Partnerschaften den Projektfortschritt beschleunigen können.

Handlungsempfehlungen für Politik und Intermediäre

- **Ausbau und Förderung von (regionalen) Mittlerstellen:** Im Zusammenspiel mit der vorherigen Handlungsempfehlung, kann die Politik regionale Mittlerstellen wie Energieagenturen stärken, um insbesondere KMU, den Zugang zu Unterstützungsstrukturen zu stärken. Diese Institutionen fungieren als Schnittstellen zwischen Politik und Wirtschaft und bieten kompetente Ansprechpartner. Besonders bei multizentrischen Projekten, die verschiedene regionale Akteure oder Bundesländer einbeziehen, sind solche Mittlerstellen von Vorteil, da sie lokale Gegebenheiten berücksichtigen und eine effektive Koordination sicherstellen können. Erfolgreiche Beispiele hierfür sind die serielle Sanierung in Herford und das Modellprojekt ZUKUNFT.DE.

- **Schaffung klarer regulatorische Rahmenbedingungen:** Regulatorische Rahmenbedingungen sind entscheidend um Innovationen zu fördern und den technologischen Fortschritt zu unterstützen, können aber auch Hindernisse darstellen, wenn sie veraltet sind. Beispiele wie das Eisbärhaus, SynErgie und der NextLevel Ladepark der EnBW verdeutlichen die Herausforderungen. Ein intensiver Austausch mit Pilot- und Forschungsprojekten kann wertvolle Einblicke bieten, um neue Vorschriften auszuarbeiten, die technologischen Fortschritt fördern und den Bedürfnissen aller Beteiligten gerecht werden.
- **Ineinandergreifen von Anreizmaßnahmen und Regulierungen:** Die erfolgreiche Umsetzung von Projekten, wie dem Ausbau der E-Mobilität im öffentlichen Nahverkehr, erfordert eine enge Abstimmung zwischen Bund, Ländern und Kommunen. Ein harmonisches Zusammenspiel von Anreizen und Regulierungen ist essenziell, um Widersprüche zu vermeiden und Synergien zu nutzen. Dies wiederum erfordert eine koordinierte Planung und Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Ebenen und Akteuren.
- **Gestaltung einer verständlichen und unbürokratischen Förderungslandschaft:** Zahlreiche Beispiele konnten nur mit der Unterstützung von finanziellen Fördermaßnahmen erfolgreich umgesetzt werden. Vor diesem Hintergrund ist eine verständliche und möglichst unbürokratische Förderungslandschaft entscheidend, um das Potenzial von Förderprogrammen voll auszuschöpfen und damit die grüne Transformation zu beschleunigen. Komplexe Antragsverfahren auf der anderen Seite stellen oft gerade für kleinere Unternehmen eine Hürde dar, die den Zugang zu Fördermitteln erschwert.
- **Bereitstellung von Absicherungsinstrumenten für Innovations- und Pionierprojekte:** Instrumente zur Risikoabsicherung sind nützlich für Projekte mit hohen Anfangsinvestitionen und hohen finanziellen oder operativen Unsicherheiten. Diese Unsicherheiten können aus technologischen Risiken oder Marktpreisschwankungen resultieren. Finanzierungsmodelle, Garantien oder Bürgschaften können das Risiko für Investoren mindern und deren Bereitschaft zur Investition erhöhen, wie das Beispiel der Abwärmenutzung der Stadt Karlsruhe zeigt.
- **Mut und Flexibilität bei der Förderung von Pilotprojekten und neuen Technologien:** Experimentierklauseln in der Gesetzgebung könnten es Pilotprojekten ermöglichen, von üblichen regulatorischen Anforderungen abzuweichen. Reallabore können praxisnahe Testumgebungen für innovative Technologien bieten. Die aktive Unterstützung solcher Reallabore kann helfen, neue Ideen schneller zu testen und umzusetzen. Projekte wie das Reallabor zur Integration von Großwärmepumpen zeigen, wie solche Umgebungen zur Validierung von Innovationen beitragen können.

0 Executive Summary

The German 2045 climate neutrality target is an ambitious goal that requires far-reaching changes in all areas of society. This transformation goes beyond the simple development of new technologies but also requires close cooperation between a wide range of stakeholders. This study, conducted on behalf of KfW, presents a selection of 13 best practice projects in the four emission-sectors building, energy, transport and industry that contribute to achieving the climate neutrality target.

The central aim of the study is to inspire and motivate political and economic decision-makers to actively participate in the green transformation. By analyzing and presenting successful projects, it provides practical impulses that can serve as a blueprint for future initiatives. The illustration below shows an overview of the best practice examples presented in the study.

 Building	 Energy	 Transport	 Industry
Eisbärhaus – low emission construction	Large-scale heat pump Berlin – Köpenick	NextLevel charging park EnBW	Waste heat utilization by Stadtwerke Karlsruhe
MAGGIE – energetic renovation	Kopernikus Project SynErgie – synchronization of industrial energy demand	Converting to e-mobility in public bus transport in the district of Ludwigslust – Parchim	ErfMemDekZem CCU/CCS in the cement industry
Serial refurbishment – Energiesprong	Schleswiger Stadtwerke – cold district heating	Electromobility in parcel delivery	SALCOS – Salzgitter low CO2 steelmaking
			Single – grade metal recycling through LIBS technology

Each of the 13 best practice projects is presented in a detailed case summary, highlighting success factors, challenges encountered, and innovative solutions developed. The projects show how with the help of

- effective collaboration,
- the use of modern technologies and
- economic sustainability

climate-friendly measures can be implemented.

Based on the findings obtained by the examination of the projects, the study formulates practical recommendations and action points that are aimed at businesses, political decision-makers and intermediaries. These recommendations aim to establish the foundations needed for future projects to effectively overcome challenges and promote innovative solutions.

Recommendations for practice

- **Regulating risks and opportunities through contracts:** To ensure a fair balance of risks and opportunities between project partners, it is recommended that contracts are put in place to ensure that all parties involved have similar interests in various potential scenarios. One example of the success of this strategy is the project of waste heat utilization by Stadtwerke Karlsruhe, where open and transparent communication about risks and opportunities before the start of the project proved to be a crucial factor for success.
- **Establishing personal and direct contact between the project managers to build trust:** The long-term success of a project often depends on a trusting personal relationship between those involved, especially if there are many stakeholders involved. Regular meetings, clear communication guidelines and an established feedback culture have proven to be the key to an open and constructive working environment in various examples, e.g. ErfMem-DekZem in the cement industry or the energetic renovation projects in Regensburg (MAGGIE) and in Herford.
- **Utilizing digital models:** Digital models offer the opportunity to test new solutions before their practical implementation, which minimizes costs and increases efficiency. They are particularly useful when implementing new technologies where practical experience is limited. Within the examples presented, this approach has proven to be particularly beneficial in energetic refurbishment projects.
- **Integration of existing employee know-how and offering targeted training:** Leveraging the existing expertise of employees is crucial to retention of support and efficiencies in the workforce, as the example of Schleswiger Stadtwerke shows. Targeted training opportunities can increase the acceptance of working with new technologies and reduce onboarding and adaptation periods.
- **Flexibility in project development:** The introduction of new technologies can require flexibility in terms of being able to react to unforeseen events. The example of the LIBS technology in metal recycling shows how changing the technology and the resulting need to flexibly adapt project goals and structures can lead to long-term success.
- **Collaboration with incubators, accelerators and business networks:** partnerships with incubators offer especially smaller companies access to valuable expertise, networks and potential funding. The energetic renovation project in Herford and the ZUKUNFT.DE project on electromobility in parcel delivery are examples of how such partnerships can accelerate project progress.

Recommendations for policymakers and intermediaries

- **Expansion and promotion of (regional) intermediaries:** In conjunction with the previous recommendation, policymakers can promote regional intermediaries such as energy agencies to increase access to support structures, particularly for SMEs. These institutions act as points of contact between politics and industry and offer expert advice. Such intermediaries are particularly advantageous for multi-disciplinary projects involving various regional players or federal states, as they can take local circumstances into account and ensure effective cooperation. Successful examples of this are the energetic renovation project in Herford and the project ZUKUNFT.DE.
- **Creation of clear regulatory frameworks:** Regulatory frameworks are crucial to encourage innovation and support technological progress but can also present obstacles if they are out of date. Examples such as the Eisbärhaus, SynErgie and EnBW's NextLevel charging park illustrate the challenges. An intensive exchange with pilot and research projects can provide

valuable insights when developing new regulations that are able to promote technological progress and meet the needs of all stakeholders.

- **The interaction of incentive measures and regulations:** The successful implementation of projects, such as the expansion of e-mobility in local public transport, requires close coordination between the national government, regional governments and local authorities. A coherent interaction of incentive mechanisms and regulations is essential to avoid inconsistencies and exploit synergies. This in turn requires coordinated planning and cooperation between different governmental levels and including concerned stakeholders.
- **Creating an accessible and non-bureaucratic funding environment:** Numerous best practice projects were only able to be successfully implemented with the support of financial support measures. Therefore, a funding landscape that is easy to understand and as non-bureaucratic as possible is crucial to fully leverage the potential of funding programs and thus accelerate the green transition. Otherwise, complex grant application procedures often represent a challenge for smaller companies, making access to funding more difficult.
- **Providing risk management instruments for innovation and pioneering projects:** Instruments for risk management are useful for projects with substantial start-up investments and high financial or operational uncertainties. These uncertainties can result from technological risks or market price fluctuations. Financing plans, warranties or sureties can reduce the risk for investors and increase their willingness to invest, as the example of waste heat utilization in the city of Karlsruhe shows.
- **Courage and flexibility in the promotion of pilot projects and new technologies:** Exemption clauses in legislation can enable pilot projects to deviate from the usual regulatory requirements. Real-world laboratories can offer practical test environments for innovative technologies. The active support of such real-world laboratories can help to test and realize new ideas more quickly. Projects such as the real-world laboratory for the integration of large-scale heat pumps show how such settings can contribute to the development and validation of innovations.

1 Hintergrund und Ziele der Studie

Um das Kernziel der deutschen Klimaneutralität bis 2045 erreichen zu können, ist eine umfassende Reduktion und Vermeidung von Treibhausgasemissionen unabdingbar. Hierfür braucht es eine weitreichende grüne Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft, welche als gesamtgesellschaftliche Aufgabe verstanden wird. Entscheidungsträgerinnen und -träger aus Politik und Wirtschaft müssen sich ihrer Bedeutung bewusst sein und mit voller Überzeugung handeln. Nur so kann das erforderliche Tempo bei den massiven notwendigen Investitionen der grünen Transformation erreicht werden.

Ziel dieser Studie ist es aufzuzeigen, dass es bereits heute erfolgreiche Projekte – Best Practices – gibt, die wirkungsvoll zum Ziel der Klimaneutralität beitragen. Dies soll Entscheidungsträgerinnen und -träger in Politik und Wirtschaft zu einem aktiven Handeln ermutigen. In den vier Emissionssektoren Gebäude, Energie, Verkehr und Industrie wurden im Rahmen eines zweistufigen Rechercheprozesses Projekte identifiziert und mittels nachvollziehbarer, objektiver Kriterien systematisch analysiert und dargestellt. Von zentraler Bedeutung ist, dass die identifizierten Best Practices übertragbar auf weitere Bereiche und Kontexte in Deutschland sind, das heißt als erfolgreiche Beiträge zur Klimaneutralität vervielfältigt werden können.

Verantwortliche können durch den Blick auf andere Projekte wertvolle Erkenntnisse gewinnen: Sie erfahren, wie bestimmte Rahmenbedingungen den Klimaschutz begünstigen, welche Konzepte erfolgversprechend sind, wie die Vernetzung und Zusammenarbeit von Akteuren die Umsetzung erleichtern kann und welche Geschäftsmodelle sich eignen, um die finanzielle Basis und damit die langfristige Überlebensfähigkeit von Projektideen zu sichern.

Im Folgenden beschreibt das zweite Kapitel die Methodik der Erstellung der Studie. Daraufhin werden im dritten Kapitel 13 erfolgreich umgesetzte Best Practice-Projekte in den vier Sektoren Gebäude, Energie, Verkehr und Industrie vorgestellt. Im Anschluss daran werden in Kapitel 4 Handlungsempfehlungen abgeleitet. Diese richten sich einerseits an politische Entscheidungsträgerinnen und -träger sowie Intermediäre, andererseits an die Projektverantwortlichen in der Praxis.

2 Methodisches Vorgehen

Die Auswahl der im Folgenden dargestellten Best Practice Beispiele erfolgte in zwei Stufen. Zunächst wurde eine Longlist von 25 Best Practice-Beispielen recherchiert. Auf Grundlage vorher definierter Bewertungskriterien wurden dann im zweiten Schritt 13 Beispiele für eine Shortlist ausgewählt, tiefergehend analysiert und in übersichtlichen Steckbriefen aufbereitet. Abschließend wurden auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse Empfehlungen für Politik, Intermediäre sowie Unternehmen abgeleitet.

2.1 Entwicklung einer Best Practice-Longlist: Kriteriengeleitete Identifikation von 25 Best Practice-Beispielen

Voraussetzung für eine überzeugende Auswahl an Best Practice-Beispielen ist eine strukturierte Such-, Auswahl- und Bewertungsstrategie.

Entwicklung der Muss- und Bewertungskriterien

Um grundsätzlich für die Longlist in Betracht zu kommen, war erforderlich, dass die Projekte vier **Musskriterien** erfüllen:

- Positiver Beitrag zur Klimaneutralität
- Abdeckung einer der vier Emissionssektoren: Gebäude, Verkehr, Energie, Industrie
- Zusammenarbeit mehrerer Akteure aus den Bereichen Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und Gesellschaft
- Verwendung einer Zukunftstechnologie (nicht einer Übergangstechnologie)

Um aus der Long-List die finalen Projekte für die Shortlist auszuwählen, wurden anschließend folgende weitere **Bewertungskriterien** herangezogen. Ziel war es, die Projekte hinsichtlich ihres Beitrages zur Klimaneutralität, ihrer möglichen Übertragbarkeit auf andere Bereiche sowie ihres Neuigkeitswerts einzuordnen.

■ Höhe/Einordnung des geleisteten Beitrags zur Klimaneutralität

Mithilfe des ersten Kriteriums sollte der Beitrag der jeweiligen Projekte zum deutschen Klimaneutralitätsziel bewertet werden. Wenn möglich, wurde hierzu bereits im Rahmen der Recherche der Beitrag des jeweiligen Projekts quantitativ ermittelt. Idealerweise lagen bereits Kennzahlen vor, wie z. B. der Gesamtbeitrag zur Einsparung in Tonnen CO₂-Äquivalenten (CO₂äq). Für die Fälle, in denen (noch) keine quantitativen Berechnungen zur Verfügung standen, wurde alternativ eine qualitative Abschätzung der CO₂-Einsparung des Projekts durchgeführt.

■ Übertragbarkeit

Mit Hilfe des zweiten Kriteriums sollte bewertet werden, ob und inwiefern das jeweilige Projekt vielfältigbar ist. Lässt es sich bspw. auf andere Räume oder Regionen ausweiten oder ist es für eine komplette Branche anwendbar? Wie groß ist die allgemeine Skalierbarkeit in Deutschland, d. h. in welchem Umfang ist das Projekt erweiterbar?

■ Neuigkeitswert

Mit Hilfe des dritten Kriteriums sollte der Neuigkeitswert der jeweiligen Projekte ermittelt werden. Dieser kann verschiedene Faktoren betreffen, wie z. B. der innovative Einsatz einer Zukunftstechnologie, eine neue wissenschaftliche Methodik, eine neue Form der Zusammenarbeit, ein neues Thema in der öffentlichen Diskussion oder die Aktualität des Projekts.

Recherchephase

Startpunkt der Recherche war eine umfangreiche Desk-Research-Phase, welche unter anderem auf einer systematischen Stichwortsuche aufgebaut war. Verwendete Stichwörter waren z. B. die Zukunftstechnologien in den vier Sektoren (siehe Anhang).

Um sicherzustellen, dass die Studie die neusten Entwicklungen und Technologien repräsentiert, wurde neben dem klassischen Desk-Research auch fünf Sektorgespräche mit externen Expertinnen und Experten aus den vier Emissionssektoren durchgeführt.

Im Rahmen der Recherche wurden die identifizierten Projekte als Kandidaten für die Longlist in ein Rechercheraster aufgenommen, welches Vergleiche zwischen den Projekten ermöglichte. Neben den Auswahl- und Bewertungskriterien wurden im Raster auch Informationen zu den Rahmenbedingungen der Projekte, wie beteiligte Akteurinnen und Akteure, Trägerschaft, Standort, Laufzeit, Finanzvolumen sowie jeweils eine kurze, aussagekräftige Projektbeschreibung festgehalten.

Dieses Vorgehen ermöglichte eine erste Einschätzung, inwieweit die untersuchten Beispiele erfolgreiche Klimaschutzmaßnahmen mit großem Potenzial darstellen. Weiterhin wurde darauf geachtet, dass die Projekte eine gewisse Vielfalt repräsentieren hinsichtlich u. a. der Verteilung über die verschiedenen Emissionssektoren, Größe der Projektträger und Investitionsvolumina oder der Anzahl der beteiligten Akteurinnen und Akteure.

Zusammen mit der KfW wurde anschließend im Rahmen eines Workshops eine Liste an Beispielen für die Shortlist ausgewählt, die im Folgenden tiefgehend analysiert wurden (siehe nächster Abschnitt). In einzelnen Fällen ergab die Analyse, dass die Beispiele sich aus individuellen Gründen nicht für die Studie eigneten. In diesen Fällen wurde, wenn möglich, ein passender Ersatz gesucht. Die nachfolgende Tabelle präsentiert die finale Auswahl der Best Practice-Beispiele für die vorliegende Studie.

 Gebäude	 Energie	 Verkehr	 Industrie
Eisbärhaus – Emissionsarmes Bauen	Großwärmepumpe Berlin – Köpenick	NextLevel Ladepark EnBW	Abwärmenutzung der Stadtwerke Karlsruhe
MAGGIE – Energetische Modernisierung	Kopernikus Projekt SynErgie – Synchronisierung der industriellen Energienachfrage	Umstellung auf E-Mobilität im öffentlichen Busverkehr im Landkreis Ludwigslust – Parchim	ErfMemDekZem CCU/CCS in der Zementindustrie
Seriell Sanieren – Energiesprung	Schleswiger Stadtwerke – Kalte Nahwärme	ZUKUNFT.DE – Elektromobilität in der Paketzustellung	SALCOS – Salzgitter Low CO2 Steelmaking
			Sortenreines Metallrecycling durch LIBS-Technologie

2.2 Ausarbeitung der Best Practice-Shortlist: Analytische Aufbereitung von 13 Best Practice-Beispielen

Die für die Shortlist ausgewählten Projekte wurden im zweiten Schritt der Studie tiefergehend analysiert. Ziel dabei war es, die gesammelten Informationen zu validieren und zu vertiefen sowie Gelingensbedingungen der Projekte, also Erfolgsfaktoren, Herausforderungen und deren Lösungsansätze, herauszuarbeiten, um schließlich Handlungsempfehlungen abzuleiten.

Interviewphase

Mit jedem Projekt der Shortlist, bzw. mit Vertreterinnen und Vertretern der Projekte, wurde ein leitfadengeführtes Fachgespräch geführt. In den meisten Fällen handelte es sich bei dem Gesprächspartner bzw. der Gesprächspartnerin um die Projektleitung. Der im Vorhinein für die Gespräche entwickelte Gesprächsleitfaden konzentrierte sich auf die Identifikation von Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und Lösungsstrategien (Leitfaden siehe Anhang). Weiterhin wurde die Wirtschaftlichkeit der Projekte thematisiert und die Zusammenarbeit der verschiedenen Akteurinnen und Akteure. Die ca. 60-minütigen Gespräche wurden digital umgesetzt, mit Hilfe von KI automatisch transkribiert und analytisch ausgewertet. Wenn notwendig, wurden Informationen aus den Gesprächen durch eine Umfeldrecherche ergänzt.

2.3 Ableitung von Handlungsempfehlungen

Im Anschluss wurden die Erkenntnisse aus den Gesprächen sortiert und mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet. Im Zentrum stand dabei die Kategorisierung der genannten Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und Lösungsstrategien und die Ableitung von Handlungsempfehlungen. Die formulierten Handlungsempfehlungen setzen sowohl auf politisch-strategischer als auch auf operativ-umsetzender Ebene an und sprechen damit unterschiedliche Stakeholdergruppen an.

Im Ergebnis steht somit eine aufschlussreiche Studie, welche Entscheidungsträgerinnen und -träger in Politik und Wirtschaft zum Handeln ermutigen soll und wertvolle Impulse gibt, Visionen in die Tat umzusetzen.

3 Vorstellung der Klimatransformationsprojekte



Best Practices im Emissionssektor Gebäude



Best Practices im Emissionssektor Energie

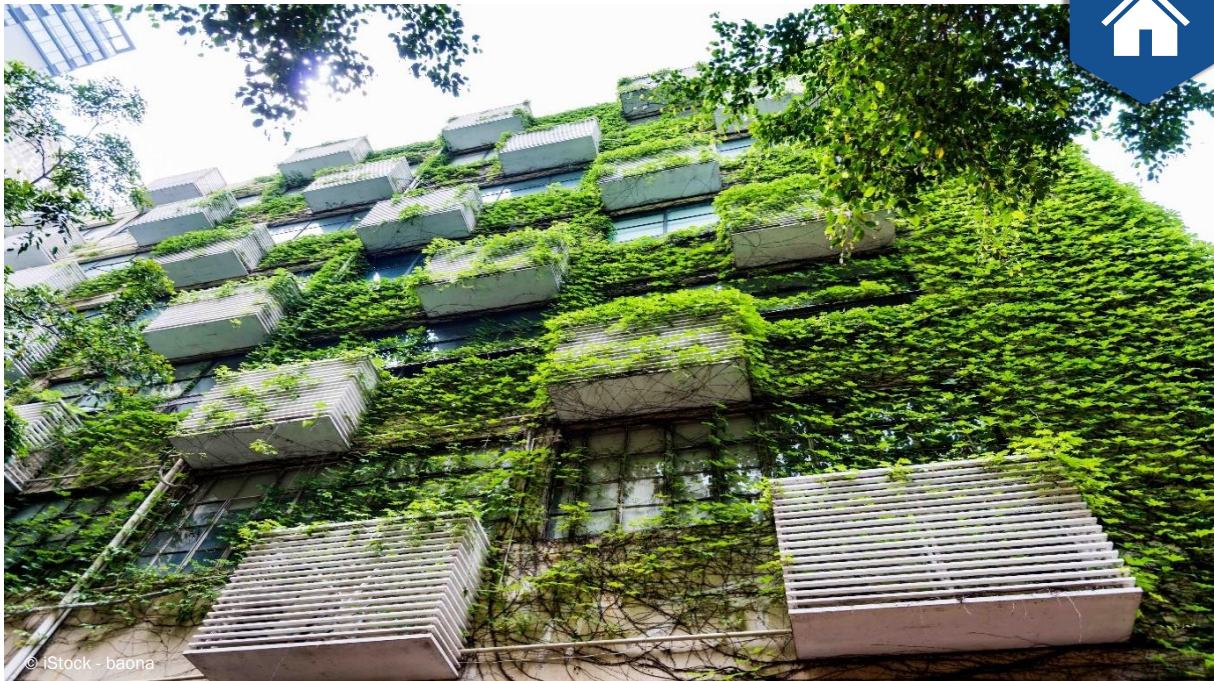


Best Practices im Emissionssektor Verkehr



Best Practices im Emissionssektor Industrie

Best Practices im Emissionssektor Gebäude



Das **Eisbärhaus** in Kirchheim unter Teck gilt als klimaneutrales Gebäude und setzt neue Maßstäbe im Bereich des emissionsarmen Bauens.

Im historischen Wohnquartier Margaretenau in Regensburg wurde mit dem Projekt **MAGGIE** eine Musterlösung im Bereich der denkmalgerechten energetischen Sanierung umgesetzt.

Die effiziente Sanierung von vier Mehrfamilienhäusern in Herford nach dem innovativen **Energiesprong**-Konzept zeigt ein Skalierungspotenzial für ähnliche Gebäudetypen auf.

Eisbärhaus – Emissionsarmes Bauen



© Bankwitz GmbH

Kurzbeschreibung

Das Eisbärhaus setzt neue Maßstäbe im Bereich des emissionsarmen Bauens. Das Wohn- und Geschäftshaus am Rande der Kirchheimer Altstadt wurde 2008 bezogen (Bauteile A und B) und im Jahr 2020 durch einen Bauteil C ergänzt. Auf vier Stockwerken befinden sich im Eisbärhaus Gewerbeflächen, Wohnungen sowie das Büro des Architekten. Der Name Eisbärhaus bezieht sich auf die besonders umfangreiche Dämmung, die zu Außenwänden von 60 cm Stärke führt und an das dicke Fell des Eisbären erinnert.

Grundsätzlich sind die im Bauteil C umgesetzten Maßnahmen identisch mit denen der ersten beiden Bauteile. Neu war mit der Ergänzung des Bauteils C die Nutzung von ressourcenschonendem Recyclingbeton. Die Fassade des Gebäudes ist modular aufgebaut und kann – bedingt durch die elementierten Außenwände, welche über Montageschienen am Stahlbeton-Skelett befestigt sind – ohne Eingriffe in das Tragwerk recycelt werden. Sollte es in Zukunft also notwendig werden, die Außenwände zu erneuern oder das Gebäude abzureißen, können alle verbauten Materialien sortenrein getrennt und recycelt werden, was den Ressourcenverbrauch reduziert.

Emissionssektor:

Gebäude

Projektträger:

BANKWITZ beraten
planen bauen GmbH

Finanzvolumen:

8,2 Mio. Euro

Standort:

Kirchheim unter Teck

Laufzeit:

2007 – 2009

(Bauteile A+B)

2019 – 2020

(Bauteil C)

Eine mechanische Be- und Entlüftungsanlage versorgt die Innenräume mit Frischluft, welche im Winter über einen Wärmetauscher mit der austretenden Abluft vorgewärmt und im Sommer vorgekühlt wird. Dabei tritt nur ein besonders geringer Wärmeverlust auf, welcher die Heiz- und Kühlkosten geringhält. Außerdem verfügt das Haus über eine PV-Anlage und eine Regenwasserzisterne. Geheizt und gekühlt wird über Geothermie. Alle Baustoffe wurden auf Basis des Vorarlberger Ökoleitfadens nach den folgenden Kriterien ausgewählt: möglichst geringe CO₂-Emissionen bei der Herstellung, Vorrang regionaler Produkte und Materialien mit Nachhaltigkeitslabels und nachwachsende Rohstoffe (v.a. Holz).

Beteiligte Akteure:

- BANKWITZ beraten planen bauen GmbH
- Grundstücksgemeinschaft Hindenburgstraße

Hauptakteurin ist die BANKWITZ beraten planen bauen GmbH, welche das Eisbärhaus in einem privatwirtschaftlichen Pionierprojekt als Wohn- und Geschäftshaus geplant und umgesetzt hat. Dafür fand eine enge Kooperation mit der Grundstücksgemeinschaft der Hindenburgstraße statt, welche das Projekt durch ihre Investition von Eigenkapital erst ermöglichte.

Beitrag zur Klimaneutralität

Das Eisbärhaus verkörpert eine Reihe von Maßnahmen des emissionsarmen Bauens. Als Passivhaus verbraucht es im Vergleich zu einem durchschnittlichen Neubau in Deutschland 75 % weniger Heizenergie.¹ Dank der starken Zellschichtdämmung des Hauses, dem Eisbärfell, ist der Wärmeverlust sehr gering. Der gemessene Energieverbrauch liegt deutlich unter den für ein Passivhaus max. zulässigen 15 kWh/m², nämlich bei 8 kWh/m².

Beim Eisbärhaus handelt es sich um einen Stahlbeton-Holz-Hybridbau, bei dem sämtliche Betonarbeiten mit Recyclingbeton ausgeführt wurden. Zudem wurden ausschließlich Materialien mit geringem CO₂-Fußabdruck ausgewählt. Dadurch erzielt das Eisbärhaus eine negative CO₂-Jahresbilanz. Nach bereits drei Jahren decken die CO₂-Einsparungen eines Jahres die CO₂-Emissionen des laufenden Energieverbrauchs und die mit dem gesamten Bau des Gebäudes verbundenen CO₂-Emissionen.

Die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) verlieh dem Eisbärhaus (Bauteil C) hierfür mit einem Umsetzungsgrad von 94,2 % eine zuvor noch nie erreichte Höchstbewertung und die Auszeichnung in Platin für nachhaltige mischgenutzte Gebäude. Das Eisbärhaus gilt als klimaneutrales Gebäude.

Weitere Projektziele

Übertragbarkeit

Das Eisbärhaus ist ein Vorzeigebispiel, das mit seinen innovativen und ehrgeizigen Zielen zur Nachahmung anregen soll. Zwar können die hohen Investitionskosten von insgesamt über acht Mio. Euro und die Verfügbarkeit von emissionsarmen Materialien - also z. B. regionalen Baustoffen ohne lange Transportwege - die Übertragung des Konzeptes auf andere Bauvorhaben aktuell noch bremsen. Dennoch stellt das Eisbärhaus im Bereich der Neubauprojekte ein Richtungsweiser für die Zukunft des emissionsarmen Bauens dar. Das Projekt zeichnet sich durch ein

¹ Quelle: Passivhaus Institut (o. J.)

qualitätsorientiertes, gleichzeitig pragmatisches und bis ins Detail durchdachtes Nachhaltigkeitskonzept aus, das Vorbild für andere Projekte sein kann.

Neuigkeitswert

Das Eisbärhaus vereint erstmals mehrere bereits erfolgreich getestete Technologien und Lösungsansätze für emissionsarmen Neubau. Nicht zuletzt aus diesem Grund erhielt es die erstmals von der DGNB verliehene Auszeichnung „klimapositiv“. Damit liefert das Projekt wertvolle Erfahrungswerte im Umgang mit den vielfältigen Herausforderungen, die mit solchen Neubauprojekten verbunden sind. Der Neuigkeitswert liegt also neben der Umsetzung umfangreicher Maßnahmen auch im Umgang mit Herausforderungen wie Brand- und Schallschutzvorgaben und Regulierungen im Bereich der Energieversorgung.

Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und Lösungsstrategien

Hohe Investitionskosten als zentrale Hürde

Als Vorzeigebäude hat das Eisbärhaus zum Ziel, die Machbarkeit emissionsarmen Bauens zu demonstrieren. Der Bau wurde maßgeblich durch die Investition von Eigenkapital der Grundstücksgemeinschaft ermöglicht. Die Investitionen – bereits für die erste Bauphase 2008 bis 2009 – wurden durch das offensichtliche Einsparpotenzial bei den Nebenkosten begründet. Heute zeigt sich, dass diese Entscheidung lohnend war, da das Haus nahezu keine Nebenkosten generiert. Dennoch stellten die gegenüber konventioneller Bauweise um ca. 10 bis 15 % höheren Investitionskosten initial eine große Herausforderung dar, die nur durch erfolgreiche Finanzierungsverhandlungen mit der Bank überwunden werden konnte.

Berücksichtigung von bestehenden Bauvorgaben und Normen ist Herausforderung

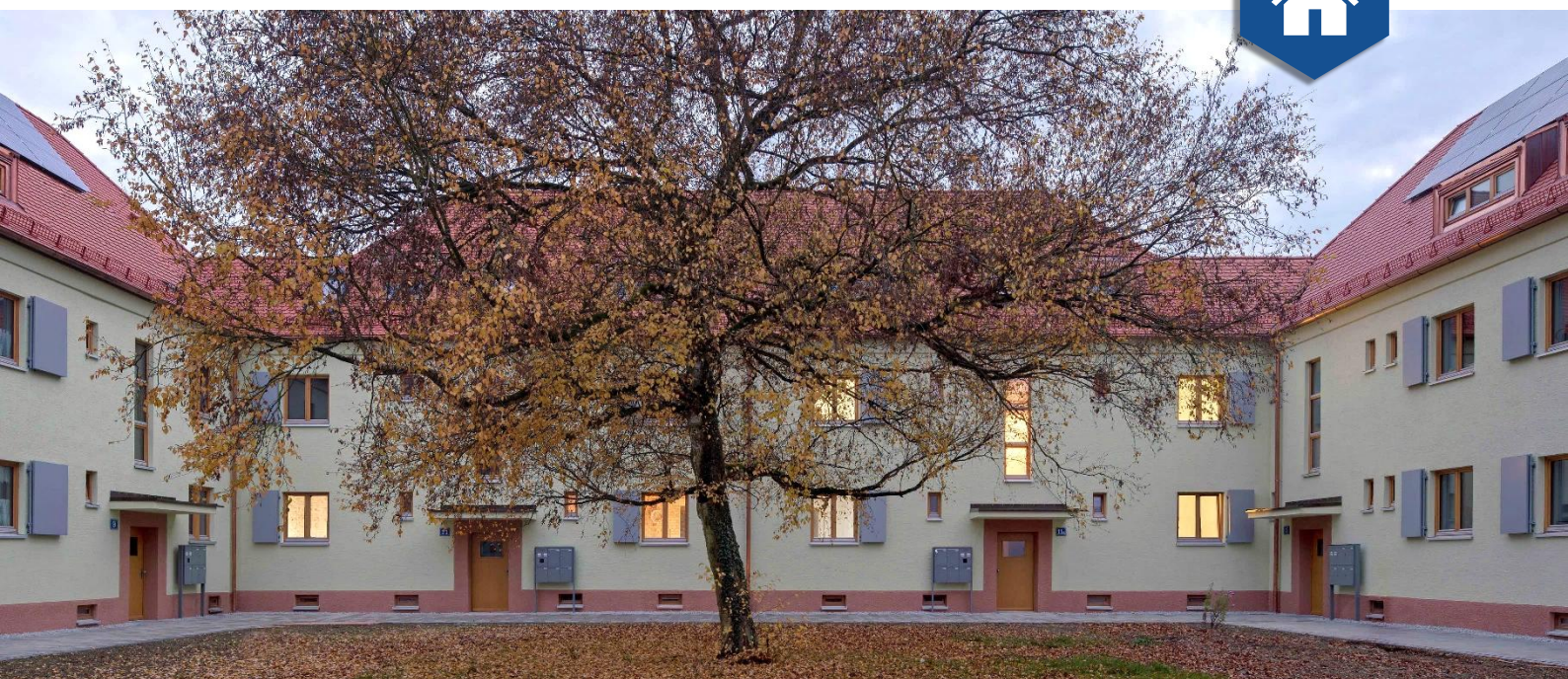
Normen und bauliche Vorgaben stellten die Projektumsetzung vor Schwierigkeiten. Teils sind bestehende Normen nicht auf Konzepte des nachhaltigen (Neu-) Bauens ausgelegt und schränken deren Umsetzung ein. Beim Eisbärhaus waren z. B. Brand- und Schallschutznormen eine Herausforderung, da diese beim Bauen mit Holz nur bei sehr guter Kenntnis der Möglichkeiten im Holzbau eingehalten werden können. Ein weiteres Beispiel sind Normen für die Energieversorgung: Im Fall des Eisbärhauses hätte die Verwendung von normgetreuen Energieversorgungsanlagen zur Folge gehabt, dass das Versorgungssystem auf einen dreimal so hohen Energieverbrauch (ca. 45 kWh/m²) ausgelegt worden wäre, als tatsächlich notwendig. Da die Prognosen einen deutlich geringeren Verbrauch ergaben, entschieden sich Bauherr und Architekt bereits bei den Bauteilen A und B für ein deutlich schlankeres Versorgungssystem (15 kWh/m²). Diese Abwägung wäre bei öffentlichen Aufträgen nicht möglich gewesen und hätte zu unnötig hohen Kosten und höherem Materialverbrauch geführt. Tatsächlich verbrauchen die ersten Bauteile (A und B) nur 8 kWh/m², sodass das Versorgungssystem problemlos auch die Energieversorgung des Bauteils C mittragen kann.

Praxistipp: Mit dem CO₂-Fußabdruck überzeugen



„Ein hilfreiches Mittel für die Präsentation des Projekts gegenüber wichtigen, aber kritisch eingestellten Akteurinnen und Akteuren sowie Projektbeteiligten kann der CO₂-Fußabdruck z. B. von innovativen Materialien im Gegensatz zur den klassischerweise verwendeten Materialien sein.“

MAGGIE – Energetische Modernisierung des genossenschaftlichen Wohnquartiers Margaretenau in Regensburg



© Herbert Stolz

Kurzbeschreibung

Das Projekt MAGGIE zeichnet sich durch sein ambitioniertes Vorhaben im Bereich der denkmalgerechten energetischen Sanierung aus. Im Rahmen eines Forschungsprojekts wurde das Potenzial einer energetischen Sanierung am historischen Wohnquartier Margaretenau in Regensburg untersucht. Der Margaretenau besteht aus 84 meist zweigeschossigen Wohngebäuden mit insgesamt 353 Wohneinheiten und befindet sich in genossenschaftlichem Besitz. Für die Durchführung des Forschungsprojekts wurde ein in den 1930er Jahren auf drei Stockwerken errichtetes Gebäude mit 30 Wohneinheiten (inkl. sechs Wohnungen im während des Projekts ausgebauten Dachgeschoss) als Demonstrator-Objekt ausgewählt. Die Projektlaufzeit erstreckte sich von 2017 bis 2022. Die Forschungsarbeiten am Demonstrator-Gebäude wurden im Jahr 2022 abgeschlossen. Die weitere Modernisierung des Quartiers soll mit einer Umsetzungsquote von ca. 20 bis 25 Wohneinheiten pro Jahr erfolgen.

Emissionssektor:

Gebäude (Energie)

Projektträger:

Forschungszentrum
Jülich GmbH

Finanzvolumen:

3,4 Mio. Euro, Förderung
durch Initiative „Solares
Bauen/Energieeffiziente
Stadt“ von BMWK und
BMBF

Standort:

Regensburg

Laufzeit:

2017 – 2022

Für die Modernisierung des Demonstrationsgebäudes wurde ein energetisches und gleichzeitig denkmalgerechtes Sanierungskonzept entwickelt, welches keine Erhöhung der Warmmiete zur Folge hat. Ziel war es, in den sanierten Etagen des Gebäudes den KfW-Effizienzhaus-Standard 70 und im Neubau im Dachgeschoss den KfW-Effizienzhaus-Standard 55 zu erreichen. Zudem erfüllt das sanierte Gebäude bereits heute die Kriterien des neuen Gebäudeenergiegesetzes (GEG).

Ein zentraler Aspekt des Projekts war die Entwicklung eines hocheffizienten, skalierbaren Wärmeversorgungssystems. Dieses System kombiniert Kraft-Wärme-Kopplung mittels eines Blockheizkraftwerks (BHKW) und eine PV-unterstützte Wärmepumpen-Technologie. Das Gasmotor-BHKW erzeugt den für den Betrieb der Wärmepumpe benötigten Strom, um so die aus dem öffentlichen Stromnetz zu beziehende Leistung zu reduzieren. Für eine besonders effiziente und bedarfsgeführte Versorgung mit Warmwasser und Heizungswärme wurde für das hybride Heizsystem außerdem ein KI-gestütztes Steuerungssystem entwickelt, wodurch zukünftig zusätzliche Einsparungen erzielt werden können.

Eine weitere Innovation des Projekts ist die Entwicklung eines innovativen Wärmedämmputzes auf Basis von Mikrohohlglaskugeln sowie die Testung einer solaraktiven und solaradaptiven Baukonstruktion SATIS („SolAr Selective Thermal Insulation System“). Bei SATIS handelt es sich um den Prototyp einer thermischen Isolierung, der eine hohe Selektivität der solaren Gewinne, in Abhängigkeit des solaren Einstrahlwinkels, ermöglicht. Dafür wurden sogenannte LCEs („light conducting elements“, also lichtleitende Elemente) in Form von Glaszylindern in einem Neigungswinkel von 19 Grad im Außenputzsystem integriert. Das Wärmedämmsystem unter Verwendung von SATIS wurde während des Forschungsprojekts am Demonstrator-Gebäude getestet. In Kombination mit dem effizienten hybriden Heizsystem eröffnet das Außenputzsystem sehr hohe Energieeinsparungspotenziale für das Quartier Margaretenau.

■ **Beteiligte Akteure:**

- Baugenossenschaft Margaretenau eG
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
- Consolinno Energy
- Franken Maxit Mauermörtel
- Forschungszentrum Jülich GmbH
- Luxgreen Climadesign
- Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg
- Stadt Regensburg
- Universität Bayreuth

Beitrag zur Klimaneutralität

Im Hinblick auf den Gebäudebetrieb konnte den vorgenommenen Modernisierungsmaßnahmen von MAGGIE bei einer Nutzungsdauer von 50 Jahren eine Emissionsreduktion von 71,8 % gegenüber dem nicht sanierten Zustand der Gebäude nachgewiesen werden.² Damit geht auch eine Reduktion des nicht-erneuerbaren Primärenergiebedarfs von 74,6 % einher.³

Die Energie- und Emissionsbilanz von MAGGIE wurde außerdem mit einem Referenzsystem verglichen⁴. Das Referenzsystem besteht aus einer Multipor-Dämmung, einem Pellet- und Gaskessel und einer PV-Anlage. Hierbei zeigte sich, dass MAGGIE im Vergleich zum Referenzsystem zwar marginal höhere CO₂-Emissionen (und einen höheren Primärenergiebedarf) verzeichnet. Dies ist jedoch darauf zurückzuführen, dass MAGGIE einen höheren Strombedarf aufweist und die Berechnungen der CO₂-Emissionen für den Zeitraum einer Nutzungsdauer von 50 Jahren unter

² Quelle: Steffens et al. (2023)

³ Quelle: ebd.

⁴ Nähere Informationen hierzu ebd., ab S. 54.

Berücksichtigung des gegenwärtigen deutschen Strommixes angestellt wurden. Angesichts des Klimaneutralitätszieles der Bundesregierung ist jedoch zu erwarten, dass der Strommix in Deutschland zukünftig weniger CO₂-intensiv sein wird, was auch zu geringeren Emissionen von MAGGIE gegenüber dem Referenzsystem führen dürfte.

Ein weiteres Argument für MAGGIE sind die geringeren Kosten. Eine Kalkulation zeigt, dass die Netto-Projektkosten für Investition, Reinvestition und Wartung über einen Zeitraum von 20 Jahren für beide Systeme bei ca. vier Mio. Euro liegen. Die Kosten für den Betrieb fallen jedoch beim Referenzsystem mit 9,3 Mio. Euro mehr als doppelt so hoch aus wie die von MAGGIE (ca. 4,4 Mio. Euro).

In Kombination mit der Klimakrise macht der angespannte Wohnungsmarkt die Sanierung des Bestands unabdingbar. Das Projekt MAGGIE zeigt auf, wie der CO₂-intensive Bau neuer Gebäude vermieden werden kann, während durch Sanierungsmaßnahmen im Bestand CO₂-Emissionen minimiert werden können – und das zu einer im Betrieb relativ kostengünstigen Variante.

Weitere Projektziele

Übertragbarkeit

Während das hybride Heizsystem im Rahmen des Projekts erfolgreich konzipiert und umgesetzt wurde, hat der solaraktive Außenputz SATIS zwar vielversprechende Ergebnisse erzielt, ist jedoch noch nicht serientauglich. Das KI-System wurde am digitalen Zwilling des Demonstrators getestet und befindet sich seitdem in der Lernphase. Das hybride Heizversorgungssystem wurde inzwischen weiter optimiert. Die Fülle an Erkenntnissen aus diesen drei Bereichen ermöglicht eine Übertragung der Maßnahmen auf die weiteren Gebäude in Margaretenau sowie potenziell auf andere vergleichbare Wohnquartiere. Hervorzuheben ist hier die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme. Die im Rahmen der Sanierung entstandenen Kosten haben zu keiner Erhöhung der Warmmiete geführt, obwohl diese mit weniger als 5 EUR/m² Warmmiete außerordentlich gering ist. (Weitere Informationen dazu in Abschnitt 2 der Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und Lösungsstrategien.)

Neuigkeitswert

Die Besonderheit des Projekts liegt in der Entwicklung eines vielseitigen Sanierungskonzepts, bestehend aus einem hybriden Heizsystem, dem solaraktiven Außenputzsystem SATIS und einem KI-basierten Steuerungssystem. Der erhöhte Ausnutzungsgrad der solaren Gewinne durch SATIS trägt in Verbindung mit dem Einsatz des innovativen hybriden Heizsystems und des KI-basierten Steuerungssystems zum hohen Neuigkeitswert des Projekts bei. Während die Technologien des hybriden Heizsystems bereits hinreichend entwickelt sind, steht die Marktreife bei SATIS jedoch noch bevor. Auch die KI-Steuerung befindet sich zum Ende des Projekts noch in der Lernphase. Dennoch ergab die Arbeit mit dieser vielfältigen Kombination an Maßnahmen vielversprechende Ergebnisse (siehe „Beitrag zur Klimaneutralität“ und „Übertragbarkeit“), welche das Potenzial von MAGGIE als ein sozialverträgliches energetisches Modernisierungskonzept verdeutlichen.

Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und Lösungsstrategien

Zusammenarbeit mit der Bewohnerschaft in Margaretenau von großer Bedeutung

Im Quartier Margaretenau stellte die Zusammenarbeit mit der Bewohnerschaft eine Herausforderung und einen Erfolgsfaktor zugleich dar. Die Anwohnerschaft von Margaretenau pflegt

grundsätzlich ein enges Verhältnis zu ihrem Quartier. Dies ist zum Teil auf die weitestgehend eher fortgeschrittenere Altersstruktur, insbesondere aber auch auf die genossenschaftliche Organisation des Quartiers zurückzuführen. Vor diesem Hintergrund war eine enge Zusammenarbeit mit der Bewohnerschaft unabdingbar für die Akzeptanz des Vorhabens. Die Zusammenarbeit mit der Genossenschaft erwies sich dabei als Vorteil, da sie eine transparente Kommunikation mit der Bewohnerschaft sowie großzügige Angebote für alternative Wohnmöglichkeiten während der Sanierungsphase ermöglichte.

Eine sozialverträgliche und wirtschaftliche Sanierung realisieren

Ein wichtiger Anspruch war es, die denkmalgerechte Sanierung des Wohnquartiers nicht nur ökologisch, sondern auch sozialverträglich und wirtschaftlich zu gestalten. Die durch die genossenschaftliche Organisation des Quartiers bereits sehr geringen Mieten (weniger als 5 EUR/m² Warmmiete), sollten durch die Sanierung nicht erhöht werden – in Anbetracht des Umfangs der Sanierung eine große Herausforderung. Auf Wunsch der Baugenossenschaft Margaretenau wurde das Demonstrator-Gebäude mit weiteren Wohnungen im Dachgeschoss aufgestockt. Diese Maßnahme ermöglichte eine Umverteilung der Sanierungskosten auf mehrere Parteien und führt über die tatsächlichen Nebenkostenersparnisse der einzelnen Wohneinheiten dazu, dass die Warmmiete nicht erhöht werden musste.

Testung der Lösungen am digitalen Zwilling als Erfolgsfaktor

Zudem war die Arbeit mit einem digitalen Zwilling ein Erfolgsfaktor für die Realisierung des Projekts. Durch das digitale Modell des Demonstrator-Gebäudes konnten Herausforderungen schneller identifiziert und potenzielle Lösungsstrategien effizienter getestet werden. Zwar bindet die Erstellung eines solchen Modells zunächst Ressourcen, beim Projekt MAGGIE hat sich diese Investition aber durchaus gelohnt. Ein Beispiel ist die Entwicklung der KI-Steuerung für das hybride Heizsystem: Aufgrund verschiedener Faktoren verzögerte sich die Entwicklung des KI-Systems, sodass das System im Rahmen der Projektlaufzeit nicht mehr am Demonstrator-Gebäude eingesetzt werden konnte. Dank der Arbeit mit dem digitalen Zwilling konnte das System aber dennoch getestet werden. Aktuell lernt die KI mit den Daten des Demonstrators, wodurch das Heizsystem in Zukunft möglichst effizient gesteuert werden kann.

Praxistipp: Verantwortungsgefühl stärken

„Das hohe Verantwortungsgefühl der umsetzenden Akteure gegenüber den Bewohnern in Margaretenau trug maßgeblich zum Erfolg des Projekts bei. Bei der Zusammenstellung von Konsortien für vergleichbare Sanierungsvorhaben kann ein von Beginn an geschaffenes gemeinsames Verständnis dieser Verantwortung einen großen Vorteil darstellen.“



Serielles Sanieren – Energiesprong



© T. Pribaten / WWS Herford

Kurzbeschreibung

In der Ulmenstraße in Herford wurden im Rahmen eines fortschrittlichen Sanierungsprojekts vier Mehrfamilienhäuser aus dem Baujahr 1957 mit insgesamt 24 Wohnungen nach dem innovativen Energiesprong-Konzept umfassend saniert. Vor der Modernisierung wurden die Wohnungen über eine Gaszentralheizung beheizt, die Warmwassererzeugung erfolgte dezentral ebenfalls mit Gas. Ziel der Sanierung war es, die energieeffizienzschwachen Gebäude, die zuvor die schlechteste Effizienzklasse H aufwiesen, auf einen Stand zu bringen, der modernen Anforderungen an Klimafreundlichkeit und Energieeffizienz entspricht. Heute weist das Haus die Effizienzklasse A auf.

Die WWS Wohn- und Wirtschaftsdienst GmbH Herford als Projektträger beauftragte die österreichische Firma GAP Solution GmbH als Gesamtlösungsanbieter, da diese bereits Erfahrung mit der Energiesprong-Methode hatte. Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) übernahm als Inkubator eine zentrale Rolle: Sie stellte den Kontakt zwischen WWS Herford und GAP Solution her und unterstützte die Kommunikation zwischen den Partnern während der Planungs- und Umsetzungsphase.

Emissionssektor:

Gebäude

Projektträger:

WWS Wohn- und Wirtschaftsdienst Herford GmbH

Finanzvolumen:

3,7 Mio. Euro

Standort:

Herford

Laufzeit: 2019 – 2022

Die wesentlichen Maßnahmen und Technologien der Sanierung im Überblick sind:

Solarwaben-Dämmung: Eine herausragende Neuerung im Sanierungskonzept stellt die Solarwaben-Dämmung dar. Diese besteht aus verglasten Solarwaben, die in die Fassade integriert sind. Das System reduziert den Heizenergiebedarf des Gebäudes um bis zu 90 %. Die Solarwaben sind so konstruiert, dass sie Sonnenenergie nutzen, um ein warmes Luftpolster zu erzeugen, das den Wärmeverlust nahezu eliminiert. In der Winterzeit dringt das Sonnenlicht tief in die Waben ein und erzeugt eine isolierende Schicht. Im Sommer reflektieren die Waben einen Teil der Sonnenstrahlung und sorgen durch ihre Geometrie für eine selbstregulierende Verschattung, wodurch angenehme Temperaturen ohne zusätzliche Klimatisierung erreicht werden.

Beteiligte Akteure:

- Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
- GAP Solution GmbH
- WWS Wohn- und Wirtschafts-Service Herford GmbH

Gedämmte Dachelemente: Die Dächer der Gebäude wurden mit hochdämmenden Elementen ausgestattet, die zudem mit PV-Modulen auf beiden Dachseiten sowie Teilen der Fassade versehen sind. Diese Module erzeugen erneuerbare Energie und tragen zur Reduzierung des Energieverbrauchs bei.

Energieerzeugung: Auf den vier Dächern wurden PV-Anlagen mit einer Leistung von insgesamt 212 kW_p installiert. Mit der jährlich erzeugten Strommenge von ca. 140 MWh wird das Net-Zero-Ziel deutlich übererfüllt.

Vollelektrische Wärme- und Warmwasserversorgung: Die Wärme- und Warmwasserversorgung erfolgt vollelektrisch mittels Infrarot-Heizungen und Durchlauferhitzern. Diese Technologie ermöglicht eine effiziente und umweltfreundliche Versorgung der Wohnungen.

Fensterintegrierte Wohnraumbelüftung mit Wärmerückgewinnung: Ein integriertes Belüftungssystem in den Fenstern sorgt für eine kontinuierliche Frischluftzufuhr und optimiert den Energieverbrauch durch Wärmerückgewinnung.

Zum Start des Projektes sind die vier WWS-Häuser im Frühjahr 2021 mit Hilfe eines 3D-Laserscanners vermessen worden. Anhand der gewonnenen Daten hat die GAP Solution GmbH die Planung erstellt und direkt in die Fertigungsplanung übertragen. Auf deren Basis wurden im Produktionswerk im österreichischen Dimbach sämtliche Fassadenelemente millimetergenau vorgefertigt. Dazu gehörten neben Fenstern, Türen, Dämmung und Außenfassaden auch die PV-Anlagen und die Fassadenelemente. Die maßgeschneiderten Elemente wurden anschließend mit Tiefladern zur Ulmenstraße gebracht und an den Gebäuden montiert.

Beitrag zur Klimaneutralität

Vor der Sanierung lag der Primärenergiebedarf der Wohnhäuser bei 379 kWh/m² im Jahr. Seit zwei Jahren wird das Sanierungsprojekt erfolgreich in der Praxis erprobt und hat die erwarteten Ergebnisse erzielt. Dank der „Energiesprung“-Sanierung ist der Energiebedarf auf nahezu 90 % des ursprünglichen Werts gesenkt worden, also auf 41 kWh/m² im Jahr. Die Gebäude wurden auf einen Net-Zero-Standard gebracht und erzeugen die gesamte benötigte Energie für Heizung, Warmwasser und Haushaltsstrom selbst. Insgesamt führt die umfassende energetische Modernisierung der vier WWS-Häuser zu einer Reduzierung der CO₂-Emissionen um etwa 170 Tonnen CO₂ pro Jahr.

Weitere Projektziele

Übertragbarkeit

Im Rahmen von Sanierungsprojekten nach dem Energiesprong-Konzept liegt ein zentraler Fokus auf der Identifizierung industrieller, serienmäßig herstellbarer Komponenten sowie deren optimaler Nutzung und Skalierung für weitere Projekte. Dieses Ziel verfolgt auch GAP Solution, indem kontinuierlich Prozesse optimiert werden, um Sanierungen effizienter und kostengünstiger zu gestalten. Im Projekt Herford konnte dies bereits erfolgreich umgesetzt werden.

Generell eignet sich eine serielle Modernisierung nach dem Energiesprong-Prinzip insbesondere für Mehrfamilienhäuser aus den 1950er bis 1970er Jahren, die eine einfache Gebäudehülle und einen hohen Energieverbrauch aufweisen – Eigenschaften, die auch auf die WWS-Häuser an der Ulmenstraße zutreffen. In Deutschland gibt es etwa 500.000 solcher Gebäude⁵.

Neuigkeitswert

Das aus den Niederlanden adaptierte Energiesprong-Konzept verwendet serielle Vorfertigungstechniken für Fassaden- und Dachelemente, die in hoher Qualität vorgefertigt und schnell montiert werden können. Zunächst erfolgt die präzise Vermessung des Gebäudes mit einem 3D-Laserscanner, der millimetergenaue Daten erfasst. Diese sogenannten „as built“-Daten ermöglichen es, die exakten Abmessungen und strukturellen Gegebenheiten des Gebäudes zu erfassen. Auf Grundlage dieser Daten wird ein digitaler Zwilling des Gebäudes erstellt, der als Basis für die simulationsbasierte Planung dient.

Durch die Verwendung dieser digitalen Modelle können verschiedene Szenarien und Designvarianten analysiert werden, um die bestmögliche Lösung zu ermitteln. Anschließend erfolgt die passgenaue Vorfertigung der Bauteile in der Fabrik, was sicherstellt, dass die Elemente exakt auf die vermessenen Gegebenheiten des Gebäudes abgestimmt sind. Die vorgefertigten Elemente können dann vor Ort schnell und nahtlos montiert werden, was den Bauprozess erheblich beschleunigt und die Passgenauigkeit optimiert. In Deutschland wurde das erste Pilotprojekt 2019 im Kuckucksquartier in Hameln umgesetzt. Seitdem gibt es mehrere erfolgreiche Folgeprojekte, einschließlich des Sanierungsprojekts in Herford. Aktuell liegen die Sanierungskosten in vielen Fällen noch auf einem vergleichsweise hohen Niveau⁶, wie auch bei der hier betrachteten Summe von 3,7 Millionen Euro deutlich wird. Langfristig bietet das serielle Sanieren jedoch ein erhebliches Potenzial, diese Kosten zu senken und die Wirtschaftlichkeit zu steigern. Insbesondere mit zunehmender Nachfrage und steigenden Projektvolumina könnten Skaleneffekte eine wesentliche Rolle spielen, indem sie sowohl die Effizienz als auch die Rentabilität der Sanierungsansätze deutlich erhöhen. Dies würde nicht nur die Attraktivität dieser Methode für die gesamte Baubranche stärken, sondern auch deren Akzeptanz und Verbreitung fördern. Eine entscheidende Voraussetzung dafür ist jedoch, dass die Nachfrage nach seriellen Sanierungsprojekten kontinuierlich wächst.

Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und Lösungsstrategien

Statische Anpassungen und Lärmbelastung sind Herausforderungen bei der Fassadensanierung

⁵ Quelle: dena (2023)

⁶ Quelle: Agora Energiewende / ifok / BPIE (2024)

Die bauliche Umsetzung der neuen Fassade erwies sich als besonders herausfordernd, da die dünnen Wände der alten Gebäude sowohl innen als auch außen äußerst schallanfällig waren. Um die statische Verankerung der neuen Fassade zu gewährleisten, mussten Stahlkonsolen eingebaut werden. Dafür wurden große Rundbohrer eingesetzt, um mehrere größere Öffnungen in die alten Wände zu schaffen, in die die Stahlkonsolen integriert wurden. Diese Konsolen sollten die Last der neuen Fassade tragen und deren Stabilität sicherstellen.

Mit den Bohrungen zusammenhängend bestand eine weitere Herausforderung in der Lärmbelästigung der Bewohnerschaft. Damit die Energiesprong-Methode im bewohnten Zustand durchgeführt werden kann, wie es auch im Herforder Projekt umgesetzt wurde, müssen Bohrarbeiten präzise zeitlich abgestimmt und kommuniziert werden. Im Rückblick könnte jedoch auch eine bessere Lösung darin bestanden haben, den Bewohnerinnen und Bewohnern während der besonders lauten Bauphasen mit den Konsolenbohrungen alternative Unterbringungsmöglichkeiten, wie bspw. ein Hotelaufenthalt für ein oder zwei Tage, anzubieten.

Praxistipp: Bauarbeiten im Wohnumfeld: Mit guter Planung zu weniger Störungen



„Entwickeln Sie frühzeitig ein Konzept für die Baustelle im bewohnten Zustand. Kommunizieren Sie klar mit den Mieterinnen und Mietern und bieten Sie bei intensiven Bohrarbeiten eventuell kurzfristige Ausweichmöglichkeiten an, um Störungen zu minimieren.“

Best Practices im Emissionssektor Energie



© AdobeStock-visivasnc

Die **Großwärmepumpe Berlin-Köpenick** zeigt auf, dass die Technologie in Verbindung mit verschiedenen Wärmequellen großes Potenzial hat, für mehr Flexibilität im Energiemarkt zu sorgen.

SynErgie erforscht das Potenzial der Energieflexibilisierung in Deutschland und leistet mit Hilfe der Erkenntnisse der Modellregion Augsburg einen wichtigen Beitrag zum Wissenstransfer.

Die **Stadtwerke Schleswig** sind Pioniere der **Kalten Nahwärme** in Deutschland und sammeln seit nunmehr 10 Jahren Erfahrung mit dieser vielversprechenden Technologie.

Großwärmepumpe Berlin-Köpenick



© BEW

Kurzbeschreibung

Die Energiewende in Deutschland steht vor der zentralen Herausforderung, die Wärmeversorgung zu dekarbonisieren. Großwärmepumpen (GWP) in Fernwärmenetzen werden als Schlüsseltechnologie angesehen, um diesen Wandel voranzutreiben. In Deutschland befindet sich der Einsatz dieser Technologie jedoch noch in den Anfängen, da GWP ohne staatliche Förderung bislang nicht wirtschaftlich betrieben werden können. Im Rahmen des von der Bundesregierung geförderten Reallabors der Energiewende „Großwärmepumpen in Fernwärmenetzen – Installation, Betrieb, Monitoring und Systemeinbindung“ untersuchen Projektpartner unter der Koordination der Arbeitsgemeinschaft Fernwärme (AGFW) den Einsatz von GWP an fünf unterschiedlich strukturierten Fernwärmestandorten in Deutschland. Ziel ist es, neben technischen Erkenntnissen auch die regulatorischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu erforschen, die erforderlich sind, um GWP im Fernwärmemarkt zu etablieren. Ebenso sollen geeignete Betriebskonzepte für einen effizienten GWP-Einsatz identifiziert werden.

Das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE und das Forschungsinstitut IER der Universität Stuttgart fungieren dabei als wissenschaftliche Partner. Sie konzentrieren sich dabei auf

Emissionssektor:

Energie, Gebäude

Projektträger:

BEW Berliner Energie und Wärme AG

Finanzvolumen:

3,3 Mio. Euro

Standort:

Berlin

Laufzeit: 2021 – 2026

die konzeptionelle und messtechnische Analyse der Anlagen sowie deren systemtechnische Integration an den jeweiligen Standorten. Das Gesamtvolumen des Reallabors beläuft sich auf 45 Mio. Euro, von denen 21 Mio. Euro durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) bereitgestellt werden, während die restlichen 24 Mio. Euro von den Projektpartnern stammen.⁷

Eines der fünf Pilotprojekte befindet sich in Berlin-Köpenick aktuell in der Montagephase und verfügt über ein Finanzvolumen von drei Mio. Euro. Im Zuge dieses Projekts unter der Leitung der BEW Berliner Energie und Wärme AG wird eine bestehende Energieanlage um eine GWP mit einer Nennwärmeleistung von 1,2 Megawatt (MW) erweitert. Die Wärmepumpe nutzt verschiedene Energiequellen, die optimal auf die spezifischen Anforderungen der Anlage abgestimmt sind. Eine zentrale Rolle spielt dabei die effiziente Nutzung von Solarthermie, die vor allem in den sonnenreichen Monaten eine emissionsfreie und nachhaltige Wärmeversorgung ermöglicht.

In den Wintermonaten wird die GWP weiterhin durch eine Luftwärmepumpe sowie weitere Abwärmequellen eines BHKW und die Abwärme aus einer Gasturbine gespeist. Diese Abwärme, die andernfalls ungenutzt verloren ginge, wird effizient in die GWP eingespeist und trägt maßgeblich zur klimaschonenden Wärmeversorgung bei. Die Flexibilität der verschiedenen Wärmequellen ermöglicht eine kontinuierliche Anpassung an die aktuellen Betriebsbedingungen und trägt zur Stabilität des Systems bei. Ein vorgelagerter Speicher dient als hydraulische Weiche, während zwei zusätzliche Speicher in einem sogenannten Batch-System hinter der Wärmepumpe installiert sind, um deren Leistungsfähigkeit und den Coefficient of Performance (COP) zu optimieren. Der COP ist ein Maß für die Effizienz von Wärmepumpen und beschreibt das Verhältnis der erzeugten Wärmeleistung zur eingesetzten elektrischen Leistung. Ein höherer COP-Wert bedeutet, dass die Wärmepumpe effizienter arbeitet, da sie mehr Wärme pro Einheit eingesetzter Energie erzeugt.

Das Projekt in Berlin-Köpenick verdeutlicht, dass GWP in Kombination mit verschiedenen Wärmequellen das Potenzial haben, eine ganzjährige, effiziente Wärmeversorgung im Fernwärmenetz zu gewährleisten. Derzeit befindet sich das Projekt in der Errichtungsphase mit einer geplanten Inbetriebnahme im ersten Quartal 2025, doch es zeigt bereits, wie zukunftsfähige Technologien die Energiewende im Wärmebereich entscheidend vorantreiben können.

Beitrag zur Klimaneutralität

GWP können – im Gegensatz zu dezentralen Wärmepumpen – große natürliche Wärmequellen und industrielle Abwärme mit hohem Energiepotenzial auf niedrigem Temperaturniveau nutzen. Im Rahmen des Fernwärmenetzes Köpenick - Friedrichshagen können durch den Einsatz der GWP künftig jährlich etwa 1.000 Tonnen CO₂ eingespart werden, wie durch eigene Berechnungen der BEW Berliner Energie und Wärme AG basierend auf den geplanten Betriebszeiten der Anlage ermittelt wurde. Diese Einsparung resultiert aus der Verdrängung von konventionellen Erzeugungsmethoden, die fossile Brennstoffe nutzen und deutlich höhere CO₂-Emissionen verursachen. Durch den Betrieb der GWP wird die Notwendigkeit, auf herkömmliche Energiequellen

Beteiligte Akteure:

- BEW Berliner Energie und Wärme AG
- BMWK, Projektträger Jülich
- Konsortium aus AGFW (Koordinator):
- EnBW Energie Baden-Württemberg AG, FHW Fernheizwerk Neukölln, IER Universität Stuttgart, ISE Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme, MVV RHE GmbH, SWRO Stadtwerke Rosenheim

⁷ Quelle: AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. (2024)

zurückzugreifen, erheblich reduziert. Dies trägt maßgeblich zur Erreichung der Klimaziele bei, indem der CO₂-Ausstoß im Bereich der Wärmeversorgung nachhaltig gesenkt wird.

Weitere Projektziele

Übertragbarkeit

Das Projekt der GWP in Berlin-Köpenick ist nicht nur ein isoliertes Vorhaben zur lokalen Wärmeversorgung, sondern ein Leuchtturmprojekt mit dem Potenzial, zukunftsweisende Lösungen für viele weitere Regionen in Deutschland zu bieten. Die Übertragbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse und Technologien steht dabei im Fokus, um eine möglichst breite Anwendung und Skalierbarkeit sicherzustellen.

Im Rahmen des GWP-Reallabors werden verschiedene Zusammensetzungen und Kombinationen von Wärmequellen intensiv getestet und evaluiert. Diese Verschiedenartigkeit der Projekte ist entscheidend, da sie die Grundlage dafür bildet, dass die Ergebnisse und Methoden auf unterschiedlichste geografische und klimatische Bedingungen in Deutschland übertragen werden können. Jede Region hat ihre spezifischen Anforderungen und Ressourcen, daher ist es unerlässlich, ein breites Spektrum an möglichen Konfigurationen zu untersuchen. Das Ziel ist es, herauszufinden, welche Kombinationen aus Solarthermie, Abwärme und Luftwärme in welchen Kontexten am effektivsten sind.

Neuigkeitswert

Die GWP nutzt eine neuartige Integration verschiedener Wärmequellen, die so konzipiert ist, dass sie möglichst lange und effizient betrieben werden kann. Dieser innovative Ansatz ermöglicht es, das Projekt als Blaupause für andere Regionen zu verwenden, die ähnliche klimaneutrale Ziele verfolgen. Durch die permanente Weiterentwicklung und Anpassung der Technologien innerhalb des Reallabors wird eine hohe Flexibilität gewährleistet, die es erlaubt, das System auf die spezifischen Bedürfnisse anderer Standorte anzupassen. Die Ergebnisse des GWP-Reallabors sind nicht nur für die Forschung, sondern auch für Politik und Wirtschaft von großer Bedeutung. Sie liefern wertvolle Erkenntnisse für die Gestaltung zukünftiger Förderprogramme und die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle.

Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und Lösungsstrategien

Komplexität der Wirtschaftlichkeitsberechnung herausfordernd

Während die baulichen Herausforderungen wie der Umbau im laufenden Betrieb, die Nähe zur Wohnbebauung und die langwierigen Genehmigungsverfahren zwar beträchtlich waren, stand die Frage der Wirtschaftlichkeit der GWP im Mittelpunkt. Die Berechnung der Wirtschaftlichkeit ist komplex und wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst, die sich in einem sich ständig verändernden regulatorischen Umfeld bewegen.

Ein entscheidender Aspekt bei der Berechnung der Ökobilanz ist der Ansatz der Strominputwerte für die GWP. Insbesondere die Frage, ob man dabei einen historischen, einen aktuellen oder einen zukunftsgerichteten Emissionsminderungsfaktor heranzieht, führt zu erheblichen Unterschieden in den Ergebnissen. Da der Strommix über die Jahre immer grüner wird und die Inbetriebnahme von GWPn mehrere Jahre dauern kann, sollten für die Berechnung der Ökobilanz von GWP Zukunftswerte für den Stromeinsatz herangezogen werden. Diese Sichtweise wurde politisch bestätigt: Die EU und das deutsche Wärmeplanungsgesetz definieren Großwärmepumpen als

vollständig erneuerbar, unabhängig vom aktuellen Strommix. Damit wird berücksichtigt, dass der Strom während der Betriebszeit der Anlagen zunehmend grüner wird.

Die Wirtschaftlichkeit der GWP wird zusätzlich durch externe Faktoren wie den Ukrainekonflikt beeinträchtigt, der zu erhöhten Investitionskosten von ca. 30 % und verlängerten Lieferzeiten führt. In diesem Kontext sind sowohl Eigenkapital als auch Fördermittel des BMWK über den Projektträger Jülich für das Reallabor von entscheidender Bedeutung, um die finanziellen Herausforderungen zu bewältigen und den Projektfortschritt sicherzustellen.

Enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Praxis und Politik entscheidend

Der fortlaufende Austausch zwischen Wissenschaft, Energieversorgern, dem BMWK, Fördermittelgebern sowie Lieferanten der Technologien ist entscheidend, um neueste wissenschaftliche Erkenntnisse direkt in die Praxis einfließen zu lassen und praktische Erfahrungen aus dem Betrieb von GWP in die Forschung zurückzuspiegeln. Transparente Kommunikation und Wissenstransfer über interne Kanäle und Fachveranstaltungen ermöglichen es, Herausforderungen frühzeitig zu erkennen, Lösungen zu entwickeln und die Übertragbarkeit sowie Nachhaltigkeit der Projektergebnisse in verschiedenen Kontexten sicherzustellen.

Praxistipp für die Politik

„Setzen Sie bei neuen Technologien bereits früh auf Reallabore („Technologieforschungsförderung“), um frühzeitig potenzielle Probleme zu identifizieren und zu untersuchen. Durch die Förderung von Forschungsprojekten in diesen frühen Phasen können Sie Schwachstellen frühzeitig erkennen und Lösungen entwickeln. Hiernach sollten dann die ‚standardisierten‘ Förderungen im Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz und die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze („Arbeitspferde der Förderung“) ausgestaltet werden, um die Klimaziele einfach und unbürokratisch erreichbar zu machen. GWP brauchen langfristig sichere Förderbedingungen, da sich ein Projekt von der Planung bis zur Umsetzung über Jahre ziehen kann.“



Kopernikus Projekt SynErgie – Synchronisierung der industriellen Energienachfrage mit zunehmend fluktuierendem Energieangebot



© Lena Hitzberger

Kurzbeschreibung

Im Projekt SynErgie wird das Potenzial für Energieflexibilität in Deutschland untersucht. Energie-flexibilität beschreibt die Fähigkeit, auf schwankende Energieangebote flexibel zu reagieren. Mit dem wachsenden Anteil erneuerbarer Energien wird das Energieangebot zunehmend volatil. Ziel der Energieflexibilisierung ist es daher, die industrielle Energienachfrage aus Produktionsprozessen und Infrastruktur mit dem immer stärker fluktuierenden Energieangebot zu synchronisieren.

Als eines von vier Kopernikus-Projekten arbeitet SynErgie an den technischen und marktseitigen sowie rechtlichen und sozialen Aspekten der Energieflexibilisierung. Es besteht aus vier Arbeitsfeldern:

1. Zunächst leistet SynErgie Forschungsarbeit im Bereich der **Entwicklung von Technologien und Prozessen** zur Anpassung von energieintensiven Prozessen auf eine variable Stromversorgung. Ein Beispiel für eine im Rahmen von SynErgie entwickelte

Emissionssektor:

Energie (Industrie)

Projektträger:

Projektträger Jülich

Finanzvolumen:

Bis zu 100 Mio. Euro durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Standort:

Deutschlandweit, Modellregion Augsburg

Laufzeit: 2016 – 2026

Innovation ist der EFlex-Container der Alois Müller GmbH. Dieser containerbasierte Energiespeicher ermöglicht eine unabhängige Energieversorgung, losgelöst von laufenden Produktionsprozessen, und trägt damit zur Flexibilisierung bestehender Anlagen bei.⁸

2. Im Arbeitsfeld **Umsetzung** werden Pilotvorhaben für die Implementierung von Maßnahmen der Energieflexibilisierung durchgeführt – meist in Kooperation mit (kleinen und mittelständischen) Unternehmen. Beispiele sind Maßnahmen zur Energiespeicherung, zum Energieträgerwechsel, zur Anpassung der Prozessparameter und zu Industriequartieren und Sektorkopplung, u. a. zusammen mit Unternehmen wie Veltins, Bark Magnesium, Schaeffler und der Alois Müller GmbH.

3. Der Kern des Arbeitsfelds **Automatisierung** ist die Energiesynchronisationsplattform, eine IT-Lösung, die es ermöglicht, Energieflexibilität durchgängig von der Produktionsmaschine bis hin zu den Energiemärkten abzubilden. Dies bedeutet, dass der Handel mit Energieflexibilität vollständig über diese Plattform abgewickelt werden kann. Die Plattform besteht aus zwei Komponenten: einer Unternehmensplattform und einer Marktplattform, die über eine Datenschnittstelle verbunden sind. Auf diese Weise können Informationen zu Energieangebot und -nachfrage effizient zwischen Unternehmen und Energiemärkten ausgetauscht werden. Die durchgängige Kommunikation von der Maschine/Anlage bis hin zum lokalen Flexibilitätsmarkt über die Unternehmensplattform wurde mit mehreren Unternehmen und dem Verteilnetzbetreiber aus Augsburg getestet.

4. Ziel des Arbeitsfelds **Vermarktung** ist es, die notwendigen wirtschaftlichen Voraussetzungen zur größtmöglichen Nutzung der Energieflexibilität in der Industrie zu schaffen. Neben einer Potenzialanalyse, der Weiterentwicklung von Regulierung und der Entwicklung eines zukünftigen Strommarktdesigns gehört in dieses Arbeitsfeld auch die Modellregion Augsburg. Dort demonstriert SynErgie im Rahmen von 16 Einzelvorhaben gemeinsam mit Akteurinnen und Akteuren aus Industrie, Forschung, Energieversorgern, Netzbetreibern, Politik, Verbänden und der Zivilgesellschaft die Vorteile energieflexibler Fabriken für eine Region. Die Ergebnisse aus den anderen Arbeitsfeldern werden hier erprobt und die für die Übertragbarkeit auf andere Regionen notwendigen sozio-ökonomischen Faktoren abgeleitet. Die Modellregion verleiht dem Projekt SynErgie einen besonderen Demonstrationscharakter.

Beteiligte Akteure:

- Großes Konsortium aus Industrieunternehmen, Forschungseinrichtungen, Energieversorgern und anderen Interessensgruppen; siehe [Webseite](#)
- Kleine Veränderungen im Konsortium zwischen den drei Projektphasen (2016 – 2019, 2019 – 2023, 2023 – 2026)

Beitrag zur Klimaneutralität

Bis 2045 wird sich der Stromverbrauch in Deutschland durch die Energiewende etwa verdoppeln. Zudem wird Energie aus erneuerbaren Ressourcen nicht immer beliebig verfügbar sein. Für Unternehmen besteht daher die Herausforderung, den Energieverbrauch ihrer Prozesse flexibel an das volatile Energieangebot anzupassen. Das konkrete CO₂-Emissionseinsparpotenzial der Energieflexibilisierung in Deutschland ist kaum zu beziffern, das Konzept ist jedoch unabdingbar für eine emissionsärmere Zukunft mit Hilfe der erneuerbaren Energien. Nach der SynErgie-Potenzialanalyse (Arbeitsfeld „Vermarktung“) beläuft sich die Perspektive für mögliche flexibilisierbare Energie (aus Lastverzicht und Lasterhöhung) in Deutschland auf 95,8 Terrawattstunden pro Jahr.

⁸ Quelle: Institut für Energieeffizienz in der Produktion der Universität Stuttgart (o. J.)

Weitere Projektziele

Übertragbarkeit

Bei dieser Best Practice soll es nicht darum gehen, SynErgie als Forschungsprojekt zu skalieren, sondern das Projektziel selbst ist die Sicherstellung des Transfers der Ergebnisse und damit der Aufbau von Energieflexibilität in Deutschland.

Als Prüflabor des SynErgie-Projekts dient die Energieflexible Modellregion Augsburg. Dort werden die erarbeiteten Erkenntnisse hinsichtlich der Technologieentwicklung und -umsetzung in Kooperation von 38 Partnern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft getestet. Ziel ist, die Übertragbarkeit des Ansatzes auf weitere (Industrie-) Regionen in Deutschland zu erforschen. Hierfür wurden zunächst Regionen mit einer vergleichbaren Energieerzeugungs- und Verbrauchsstruktur identifiziert. Maßgeblich sind dabei neben der Zusammensetzung des industriellen Stromverbrauchs und der ansässigen Branchen auch sozioökonomische Faktoren, wie die Kaufkraft vor Ort. Im Hinblick auf die techno-ökonomischen Aspekte können die in Augsburg getesteten Lösungen auf bis zu 18 % der Regionen in Deutschland übertragen werden. Diese Regionen sind wiederum für 50 % des Gesamtstromverbrauchs verantwortlich.

Darüber hinaus stellt SynErgie durch gemeinsame Initiativen aus Industrie und Wissenschaft die Standardisierung und anwendergerechte Aufbereitung der Erkenntnisse des Projekts sicher, bspw. im Rahmen der Entwicklung einer VDI-Richtlinie zur energieflexiblen Fabrik. Dies erlaubt es, die Energieflexibilisierung für eine Vielzahl von Unternehmen zugänglich zu machen. Außerdem ist SynErgie an einer Reihe von Vorschlägen zu Gesetzesänderungen beteiligt, darunter insbesondere die Änderungen im Bereich der Netzentgelte und Flexibilität, konkret die Anpassung von § 17 Abs. 2 und § 19 Abs. 2 Satz 2 der Stromnetzentgeltverordnung und § 14a des Energiewirtschaftsgesetzes.

Neuigkeitswert

SynErgie ist das zentrale Forschungsprojekt zur Energieflexibilisierung in Deutschland und liefert nicht nur umfassende Forschungsergebnisse, sondern schafft auch die Grundlage für innovative Pilotprojekte in wichtigen Branchen der deutschen Industrie. Diese Projekte generieren wertvolle Erkenntnisse und praktische Erfahrungen, die entscheidend für die Umsetzung von Energieflexibilität in Deutschland sind.

Für Industrieunternehmen liegt der besondere Mehrwert in den Pilotprojekten, die im Rahmen des Arbeitsfelds „Umsetzung“ realisiert werden, da sie konkrete Anwendungsbeispiele und praxisnahe Lösungen bieten. Entscheidungsträgerinnen und -träger der öffentlichen Hand können vor allem von den Ergebnissen der Modellregion Augsburg profitieren, die im Arbeitsfeld „Vermarktung“ untersucht werden. Die Modellregion verdeutlicht, welche Voraussetzungen erfüllt und welche Maßnahmen ergriffen werden müssen, um für einen Standort die richtigen Rahmenbedingungen festzulegen, die eine energieflexible Fabrik und somit einen netzdienlichen Verbrauch ermöglichen.

Insgesamt liefert SynErgie durch seine vielfältigen Arbeitsfelder nicht nur umfassende Forschungsergebnisse, sondern auch praxisorientierte Erkenntnisse für verschiedene Akteursgruppen. Dies macht das Projekt besonders relevant für die Zukunft der erneuerbaren Energien und die energieflexible Transformation der deutschen Industrie.

Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und Lösungsstrategien

Regulatorik bestraft Maßnahmen der Energieflexibilisierung durch finanzielle Nachteile

Eine wiederkehrende Herausforderung der Energieflexibilisierung liegt in den regulatorischen Rahmenbedingungen. Die Gesetzgebung in ihrer heutigen Form bestraft Maßnahmen der Energieflexibilisierung, da ein konstanter Energieverbrauch für energieintensive Unternehmen finanziell attraktiver ist als ein volatiler. Das liegt in erster Linie daran, dass die in der Stromnetzentgeltverordnung festgelegte Regelung zur Berechnung der individuellen Netzentgelte sowohl bei Leistungsreduktionen als auch bei Lastspitzen den Unternehmen ihren Anspruch auf reduzierte Netzentgelte aberkennt. Dies kann zu 5- bis 10-mal so hohen Netzentgelten führen. Während Unternehmen also grundsätzlich ihre industriellen Prozesse auf den verfügbaren Strom anpassen könnten, wird dies mit höheren Netzentgelten bestraft. Folglich sind Produktionsprozesse gegenwärtig darauf ausgerichtet, einen möglichst konstanten Energieverbrauch zu begünstigen. Umgekehrt könnte mit Hilfe einer angepassten Regulierung die Optimierung auf Netzentgelte einen volatilen Energieverbrauch wirtschaftlich lukrativ machen.

Im Forschungsprojekt SynErgie wird der Regulatorik große Bedeutung zugesprochen. Von Beginn an war den Projektleitenden klar, dass neben dem umfangreichen technischen Know-how auch Kompetenzen im Bereich der Regulatorik der Energiewirtschaft wichtig für die Erreichung der Projektziele sind. Daher wurden von vornherein die notwendigen personellen Ressourcen für Mitarbeitende aus den Bereichen der Rechts-, Betriebs- und Volkswirtschaftslehre zur Verfügung gestellt. Dadurch konnten wirkungsvolle Stellungnahmen mit Handlungsempfehlungen zur Anpassung der deutschen Energiegesetze formuliert werden. Der Erfolg dieser Papiere macht sich heute in den Überarbeitungen von Teilen einiger wichtiger Energiegesetze bemerkbar.

Praxistipp: Koordinierungsstelle für ein professionelles Projektmanagement



„Bei Projekten mit umfangreichen und diversen Akteurs- und Stakeholder-Konstellationen kann die Einrichtung einer zentralen Koordinierungsstelle als übergeordnete Projektleitung lohnend sein. Wird der Aufwand des Projektmanagements unterschätzt, leidet die inhaltliche Arbeit schnell. Detaillierte Kostenkalkulationen, um zu ermitteln ob Sekundärstrukturen wie eine Koordinierungsstelle sich lohnen, werden selten durchgeführt, können aber essenziell für ein erfolgreiches Projektmanagement sein.“

Diverse und umfangreiche Akteurs- und Stakeholderlandschaft ist Herausforderung und Erfolgsfaktor zugleich

Grundsätzlich ist die Zusammenarbeit in Sektorkopplungsprojekten einer der wichtigsten Erfolgsfaktoren. Im Fall von SynErgie ist es besonders wertvoll, dass neben Universitäten auch außeruniversitäre Forschungsinstitute Teil des Konsortiums sind. Letztere pflegen oft einen engeren Draht zur Praxis. Nicht zuletzt aus diesem Grund konnten für das Projekt eine Reihe von Industrieunternehmen gewonnen werden, welche den meist unmittelbaren Übergang von der Entwicklung in die Umsetzung und Testung der Technologien ermöglichte. Ein Erfolgsfaktor für die gute Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern ist die Arbeit mit einer Koordinierungsstelle, die das Projektmanagement und die Vermittlung innerhalb des Konsortiums verantwortet. Dadurch wird den

anderen Mitgliedern ermöglicht, sich bestmöglich auf die inhaltlichen Fragestellungen des Projekts zu konzentrieren, ohne durch organisatorische Aufgaben abgelenkt zu werden.

Schleswiger Stadtwerke GmbH – Kalte Nahwärme



© Schleswiger Stadtwerke GmbH

Kurzbeschreibung

Die Schleswiger Stadtwerke GmbH (Teil der Stadtwerke SH GmbH & Co. KG) beschäftigen sich seit 2014 mit dem Konzept der Kalten Nahwärme und sind damit Pioniere dieser Wärmetechnologie. Das Neubaugebiet Berender Redder in Schleswig wurde von 2014 bis 2019 bereits mit dieser innovativen, praxiserprobten Technologie der umweltfreundlichen Wärmeversorgung ausgestattet. Dem im Berender Redder erbauten Kalte Nahwärmenetz folgten bis heute neun weitere Kalte Nahwärmenetze mit über 500 Wärmepumpen, welche die Schleswiger Stadtwerke erfolgreich betreiben.

Wie bei einem klassischen Nahwärmenetz dient auch bei einem kalten Nahwärmenetz u. a. Erdwärme als Wärmequelle. Im Berender Redder wird bodennahe Geothermie verwendet. Der wesentliche Unterschied zwischen den beiden Netzen liegt in der Betriebstemperatur: Während konventionelle Nahwärmenetze Wasser oder Dampf mit hohen Temperaturen

Emissionssektor:

Gebäude

Projektträger:

Schleswiger Stadtwerke GmbH

Finanzvolumen:

Kalte Nahwärmenetz: ca. 5 Mio. Euro

Wärmepumpe:

10.000 – 15.000 Euro, staatliche Förderung von ca. 5.000 Euro war im Zeitraum möglich, plus Arbeitspreis für abgenommene Wärmemenge (ca. 0,10 EUR/kWh) und jährliche Grundgebühren von ca. 400 Euro

Standort:

Schleswig

Laufzeit: 2014 – 2019

transportieren, arbeitet die Kalte Nahwärme mit Medientemperaturen von minus fünf bis 15 Grad Celsius. Im Berender Redder wird die Wärme aus der Umweltwärmequelle Erdkollektor über unisolierte Rohrleitungen, die weitere Erdoberflächwärme aufnehmen, zu 123 Grundstücken transportiert. Das kalte Nahwärmenetz ermöglicht es so, thermische Energie aus regenerativen Quellen ohne nennenswerte Verluste an die angeschlossenen Gebäude zu verteilen. Dort heben Wärmepumpen die bereitgestellte Energie auf das individuell gewünschte bzw. benötigte Temperaturniveau an.

Beteiligte Akteure:

- Schleswiger Stadtwerke GmbH
- Solar Technik Nord GmbH
- Stadtwerke SH GmbH & Co. KG

Die Solar Technik Nord GmbH (jetzt: STN GmbH) aus Schleswig war als Exklusivpartner für die Haustechnik der Kalten Nahwärme im Baugebiet Berender Redder zuständig und installierte im Zeitraum von 2014 bis 2019 die erforderlichen Kompakt-Wärmepumpen in den angeschlossenen Gebäuden. Diese enthalten alle notwendigen Anschlüsse, Speicher und Zähler zur Wärmeabrechnung, optional ist eine Kühlfunktion enthalten. Hausbesitzer erhielten die Wärmepumpe von den Stadtwerken zum Preis von rund 10.000 bis 15.000 Euro und zahlen heute ca. 400 Euro pro Jahr für Grundpreis, Wartung und Instandhaltung. Obgleich die Investitionssumme bei aktuellen Projekten zurzeit noch höher ist als für konventionelle fossilbasierte Heizsysteme, sind die perspektivisch geringeren Nebenkosten für viele Endkunden ein überzeugendes Argument für die Kalte Nahwärme. Ein Anschlusszwang besteht im Berender Redder nicht.

Beitrag zur Klimaneutralität

Im Vergleich zu konventionellen Heizsystemen auf Basis von fossilen Energieträgern, wie Öl oder Gas, realisieren Kalte Nahwärmenetze eine CO₂-Emissionseinsparung von 50 %⁹. Diese Reduktionmöglichkeit bietet großes Potenzial für die Dekarbonisierung des Wärmesektors. Wie gewöhnliche Erdwärmepumpen haben Kalte Nahwärmenetze gegenüber individuell eingesetzte Luftwärmepumpen den Vorteil, aufgrund des niedrigeren Temperaturdeltas zwischen Wärmequelle und Heiztemperatur effizienter zu arbeiten. Gegenüber individuell eingesetzten Erdwärmepumpen haben Kalte Nahwärmenetze zusätzlich den Vorteil, dass auch im städtischen Raum, wo häufig Platzprobleme den Einsatz von Erdwärmepumpen verhindern, über zentrale Wärmespeicher saisonal Wärme gespeichert werden kann.

Darüber hinaus hat die Technologie weitere Vorteile: Ein Kaltes Nahwärmenetz kann auch passiv und ohne den zwingenden Einsatz einer Kältemaschine kühlen, so dass vor allem im Sommer eine Kälteversorgung ohne energieintensive Kühlung möglich ist. Somit kann ein kaltes Nahwärmenetz als „Prosumer“-Netz genutzt werden. Dabei speisen Anschlüsse mit Kühlungsbedarf (z. B. EFH, MFH und Bürogebäude) ihre Abwärme in das Netz ein, welche dann von allen Gebäuden am Kalte Nahwärmenetz zur Heizung und Warmwasserbereitung über die installierten Wärmepumpen genutzt werden kann. Überschüssige Energie aus den Gebäuden wird ebenfalls zur Regeneration der Quelle und des Kalten Nahwärmenetzes eingesetzt.

⁹ Quelle: Quitterer (2023)

Weitere Projektziele

Übertragbarkeit

Bodennahe Geothermie kann weltweit in vielen Regionen genutzt werden, da die oberen Bodenschichten fast überall auf der Erde eine relativ konstante Temperatur aufweisen. Die Technologie ist daher in verschiedenen Klimazonen einsetzbar. Im Vergleich zu tiefengeothermischen Systemen erfordern bodennahe Geothermieranlagen weniger aufwändige Bohrungen und Technologien. Dadurch sind sie in vielen Regionen kostengünstiger und einfacher umsetzbar. Die Entscheidung zwischen dezentralen Luft- oder Erdwärmepumpen, konventionellen Wärmenetzen oder Kalten Nahwärmenetzen ist maßgeblich von den örtlichen Gegebenheiten abhängig. Da es sich bei der Kalten Nahwärme um die oberflächennahste Erdwärmenutzung handelt, kann sie problemlos überall dort eingesetzt werden, wo diese Art der Nutzung erlaubt ist. Ausnahmen stellen Heilquellenschutz- und Wasserschutzgebiete dar. Besonders geeignet ist sie für stark bebaute Neubaugebiete oder energetisch sanierte Stadtquartiere. Perspektivisch kann die Kalte Nahwärme auch für den Bestand ein hohes Energieeinsparungspotenzial haben. Der Umbau von konventionellen Heizsystemen auf ein Kalte Nahwärmesystem mit Wärmepumpe ist jedoch mit Sanierungsarbeiten verbunden, welche die praktische Umsetzung im Bestand noch erschweren.

Neuigkeitswert

Obwohl die Technologie der kalten Nahwärme seit Jahrzehnten existiert und bereits in mehreren Projekten erfolgreich eingesetzt wird, ist sie in der breiten Öffentlichkeit und selbst in Teilen der Branche noch relativ unbekannt. Pionierprojekte wie das Kalte Nahwärmenetz im Berender Redder in Schleswig, das bereits 2014 in Betrieb ging, sowie eine aktuelle Studie der RWTH Aachen, die von mindestens 100 Kalten Netzen in Deutschland ausgeht, belegen das Potenzial dieser Technologie.¹⁰ Die Kalte Nahwärme bietet die Möglichkeit der Sektorkopplung mit Strom und bietet durch die umweltfreundlichen Quellen weitere Versorgungsmöglichkeiten in Niedertemperaturnetzen. Aus diesem Grund geht man von einer Fortsetzung des bereits in den letzten Jahren verzeichneten Aufwärtstrend in der Zahl der Kalte Nahwärmenetze in Deutschland aus.

Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und Lösungsstrategien

Genese: das technische System ist mit der Entwicklung des Projekts iterativ gewachsen

Als eines der ersten Kalte Nahwärmenetze Deutschlands setzten die Schleswiger Stadtwerke 2014 mit ihrem mutigen Schritt in eine neue Technologie Maßstäbe. Zur damaligen Zeit brauchte es viel Vorstellungsvermögen und eine starke Überzeugung, um dem bisher relativ unerprobten Verfahren eine Chance zu geben. Ein wichtiger Faktor für den bis heute anhaltenden Erfolg lässt sich in der Entwicklung des Projekts ablesen. Nachdem der Anfang in der intrinsischen Motivation der Schleswiger Stadtwerke lag, wurde die darauffolgende positive Entwicklung zunächst vor allem durch neue staatliche Förderungsprogramme für Bauherinnen und Bauherren, die sich für die Kalte Nahwärme entscheiden, ermöglicht (Marktanreizprogramm für Wärmepumpen des BAFA). Dadurch konnten sich immer mehr Kunden (auch finanziell) für die Kalte Nahwärme entscheiden. Der modulare Aufbau des Systems erwies sich als großer Vorteil. Von Beginn an wurde das System für perspektivische Erweiterungen ausgelegt, um der anhaltenden Nachfrage nachkommen zu können. Heute werden im Berender Redder 199 Gebäude mit Kalter Nahwärme versorgt.¹¹

¹⁰ Quelle: Wirtz / Schreiber / Müller (2022)

¹¹ Quelle: ebd.

Allgemeine Ungewissheit in Energiefragen hemmt Investitionswillen

Die hohen Investitionskosten stellen für Endkunden oft ein erhebliches Hindernis bei der Umsetzung von energieeffizienten Maßnahmen dar. Während langfristige Kosteneinsparungen zwar ein attraktives Argument sind, reichen sie häufig nicht aus, um kurzfristige Investitionsentscheidungen zu beeinflussen. Die volatile Preisentwicklung am Energiemarkt hat bei den Verbraucherinnen und Verbrauchern ein wachsendes Bedürfnis nach Versorgungssicherheit hervorgerufen. Als Reaktion darauf gewinnen dezentrale Energiequellen wie Erdwärme, Abwärme oder Umweltwärme, die eine größere Unabhängigkeit von zentralen Energieversorgern ermöglichen, zunehmend an Bedeutung. Dies zeigt sich am Beispiel der Schleswiger Stadtwerke, die im Jahr 2022 einen erhöhten Zuspruch für Kalte Nahwärmenetze und Niedertemperaturnetze verzeichneten.

Beachtung der bestehenden Strukturen als wichtiger Erfolgsfaktor

Ein Erfolgsfaktor des Projekts war die bewusste Integration der neuen Technologie in die bestehenden Arbeitsstrukturen der Stadtwerke. Wenn neue Technologien in einem etablierten Betrieb umgesetzt und skaliert werden, müssen bestehende Strukturen angepasst, Arbeitsweisen verändert und Fachwissen aufgebaut werden. Dies erfordert sowohl Zeit als auch finanzielle Mittel für die Personalentwicklung. Im Umgang mit dieser Herausforderung stellten die Schleswiger Stadtwerke bei der Umsetzung ab 2014 z. B. sicher, dass die bestehenden Fachkräfte für die Installation und Wartung der Wärmepumpen auf ihren Kompetenzen aufsetzen und diese entsprechend weiterentwickeln konnten. Somit konnten Fachkräfte gesichert werden und der Zeitaufwand für die Begleitung der Fachkräfte bei der Umstellung blieb vertretbar. Eine erfolgreiche Projektumsetzung muss bei der Entwicklung und Umsetzung der Technologie auch die Menschen, die damit arbeiten, mitdenken.

Praxistipp: bestehende Strukturen mitdenken

„Die Verwendung von bestehenden Strukturen (z. B. Technologie, Arbeitskräfte, Materialien) bei der Entwicklung und Einführung neuer Technologien kann einen großen Vorteil für die Umsetzung bergen und sich positiv auf die Kosten auswirken.“



Best Practices im Emissionssektor Verkehr



Der **NextLevel Ladepark** der EnBW gilt durch das breite Spektrum an Maßnahmen der Dekarbonisierung und Berücksichtigung anderer Nachhaltigkeitsaspekte als Leuchtturmprojekt für nachhaltige Ladeinfrastruktur im Bereich der Elektromobilität.

Die **Umstellung auf E-Mobilität im öffentlichen Busverkehr** im Landkreis Ludwigslust-Parchim zeigt, dass Elektromobilität auch abseits der Ballungszentren erfolgreich umgesetzt werden kann.

Das Projekt **ZUKUNFT.DE** verfolgte das ehrgeizige Ziel, die Elektromobilität in der Paketzustellung flächendeckend zu etablieren.

NextLevel Ladepark der EnBW



© Endre Dulic

Kurzbeschreibung

Der Aufbau einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität ist für die Transformation des Verkehrssektors unabdingbar. Mit dem Konzept des NextLevel Ladeparks setzt die EnBW in diesem Kontext ein Leuchtturmprojekt um. Eine erste Version dieses neuen Ladeparkkonzepts mit 24 High-Power-Charging-Ladepunkten, die eine Ladeleistung von bis zu 400 Kilowatt liefern, wurde im April 2024 in Lichtenau bei Chemnitz (direkt an der A4 gelegen) eingeweiht. Autofahrer können hier in nur 15 Minuten Reichweiten von bis zu 400 km laden.

Mit dem NextLevel Ladepark hat sich die EnBW das Ziel gesetzt alle drei Dimensionen der Nachhaltigkeit zu berücksichtigen und somit einen ganzheitlich nachhaltigen Beitrag zur Umsetzung der E-Mobilität in Deutschland zu leisten. Zu den unternehmen Maßnahmen zählt ein Holzdach mit PV-Anlage, 100 % Ökostrom-Betrieb, Bodenbelag aus recycelten Pflastersteinen, bewegungsgesteuerte LED-Beleuchtung, eine optimierte Umspannstation, barrierearme Ladeplätze und die großflächige Begrünung der Umgebung. Für die Ausarbeitung des Barrierefreiheitskonzepts stand das Projektteam im engen Austausch mit dem Landesverband Selbsthilfe Körperbehinderter Baden-Württemberg. Zudem wurde ein Dialog mit Akteurinnen und Akteuren

Emissionssektor:

Verkehr (Energie)

Projekträger:

EnBW

Finanzvolumen:

Vertraulich

Standort

Lichtenau

Laufzeit: 2022 – 2024

aus dem Bereich der E-Mobilität durchgeführt, dazu gehörten Interessensverbände, Vereine, NGOs und Akteurinnen und Akteure aus der Politik.

Durch das breite Spektrum an Maßnahmen weist der Schnellladepark also nicht nur eine emissionsärmere Bauweise auf, sondern spricht gleichzeitig auch Herausforderungen der sozialen Nachhaltigkeit und Fragen des Umwelt- und Biodiversitätsschutzes an.

Beitrag zur Klimaneutralität

Ladeparks sind eine elementare Voraussetzung für die Umsetzung der Mobilitätswende. In ihrer Enabler-Rolle ermöglichen sie Fortschritte bei der dringend benötigten Emissionsreduktion im Verkehrssektor. Mit ihrem übergeordneten Ziel, in Deutschland eine flächendeckende Ladeinfrastruktur in Deutschland zu ermöglichen, leistet die EnBW somit einen wichtigen Beitrag zur Klimaneutralität. Darüber hinaus erzielte die nachhaltigere Bauweise des Ladeparks signifikante Emissionsreduktionen. Die PV-Anlage besteht aus 144 PV-Modulen mit einer installierten Leistung von 53 Kilowatt-Peak (kWp), welche besonders effizient ausgerichtet sind. Der mit der PV-Anlage erzeugte Strom wird direkt für den Strombedarf des Ladeparks verwendet. Die Holzdachkonstruktion spart im Vergleich zur ursprünglichen Konstruktion aus Stahl ca. 57 % CO₂äq, der Bodenbelag aus recycelten Pflastersteinen ca. 24 % und das optimierte Umspannstationsgebäude ca. 63 % CO₂äq.

Beteiligte Akteure:

- EnBW
- Landesverband Selbsthilfe Körperbehinderter Menschen Baden-Württemberg e.V.
- Stakeholder-Dialog mit breitem Spektrum an Teilnehmern, u. a. SOZIAL HELDEN e.V.

Weitere Projektziele

Übertragbarkeit

Im EnBW NextLevel Ladepark wird ein breites Spektrum an möglichen Optimierungspfaden verfolgt, um das gesamte Nachhaltigkeitspotenzial des Standorts auszuschöpfen. Aus diesem Grund wurden sowohl Maßnahmen durchgeführt, die unter den aktuellen Marktbedingungen bereits wirtschaftlich abbildbar sind, als auch Maßnahmen, die derzeit noch nicht als wirtschaftlich skalierbar gelten. Zu den wirtschaftlich abbildbaren Maßnahmen zählen z. B. das Solardach oder die LED-Beleuchtung. Eine komplexere Maßnahme war z. B. die Optimierung der Umspannstation, dessen Marktreife und entsprechende Wirtschaftlichkeit noch durch Lieferanten entwickelt werden muss. Obgleich die EnBW das Ziel hat, den weiteren Ausbau ihrer Ladeinfrastruktur nach dem Vorbild des NextLevel Ladeparks durchzuführen, werden je nach Marktentwicklung mittelfristig ggf. manche Maßnahmen auf Grund der fehlenden wirtschaftlichen Rentabilität nicht realisierbar sein und daher nicht weiterverfolgt werden. Umso wichtiger sind die Erkenntnisse für einen möglichen Transfer bzw. eine Skalierung des Konzepts. Denn grundsätzlich soll das Konzept des „nachhaltigen Ladeparks“ als Leitbild für den weiteren Ausbau der Ladeinfrastruktur dienen.

Neuigkeitswert

Auf den ersten Blick weisen die einzelnen unternommenen Maßnahmen zwar keinen außerordentlichen Neuigkeitswert auf, doch der besondere Erkenntnisgewinn des Projekts liegt in der Kombination all dieser Maßnahmen in einem Ladepark. Daher gilt der EnBW NextLevel Ladepark zurecht als der erste nachhaltige Ladepark Deutschlands.

Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und Lösungsstrategien

Viele Materialien noch nicht marktreif

Für die Umsetzung der Optimierungsmaßnahmen mit direktem Effekt auf die CO₂-Emissionsreduktion war die Verfügbarkeit von Technologien und Materialien eine wiederkehrende Hürde. Da der NextLevel Ladepark marktweit neue Maßstäbe setzt, musste die EnBW bei vielen Lieferanten das Optimierungspotenzial in den einzelnen Produkten teilweise selbst aufzeigen, z. B. mit Hilfe von besonders ausführlichen Informationen in den Ausschreibungsunterlagen. Das liegt zum Teil daran, dass einige der Lieferanten kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sind, welche oft noch am Anfang dieser Transformationsprozesse stehen und nur begrenzte Ressourcen für deren Umsetzung zur Verfügung haben. Folglich, wie bereits im Absatz zur Übertragbarkeit erwähnt, befinden sich die unternommenen Maßnahmen in unterschiedlichen Reifestadien. Dies macht sich z. B. in noch nicht marktüblichen Preisen, oder auch in noch ausstehenden Genehmigungsverfahren bemerkbar. Diese Rahmenbedingungen haben die Entwicklung des Konzepts merklich beeinflusst. Nichtsdestotrotz verzeichnet das Projektteam allgemein eine Aufbruchsstimmung, die kurz- bis mittelfristig neue Entwicklungen im Zulieferermarkt der Ladeinfrastruktur vermuten lässt. Wichtig ist hierbei zu beachten, dass die EnBW durch ihre Stellung im Markt einen größeren Hebel hat, um ihre Lieferanten zum Umdenken zu bewegen. Dies hat nicht zuletzt auch zur erfolgreichen Umsetzung des Vorhabens beigetragen.

Mangel an rechtlichen Vorgaben führt zu Entwicklung von DIN-Spezifikation

Der Bau von Ladeinfrastruktur ist ein neuer Bereich der Infrastrukturentwicklung. Rechtliche Vorgaben oder Normen entwickeln sich daher stets weiter oder sind für Teilbereiche noch nicht verfügbar. So gibt es bspw. noch keine konkreten Vorgaben für den Bau von barrierefreien Ladeplätzen. Der Mangel an Vorgaben stellte in der Entwicklung des Ladeparkkonzepts insofern eine Herausforderung dar, als dass dadurch besonders intensive Recherche, komplexe Abspracheprozesse mit verschiedenen Akteuren und lange Feedbackschleifen notwendig waren. In seiner Rolle als Pionier unternahm das Projektteam alle möglichen Schritte, um an Hintergrundinformationen und Unterstützungsmaterialien zum Thema „Nachhaltiges Bauen von Ladeinfrastruktur“ zu gelangen. Ziel war dabei auch, andere Akteurinnen und Akteure zum Handeln zu inspirieren und mögliche (Wissens-) Lücken zu schließen. So beteiligte sich das Projektteam der EnBW im Anschluss an das NextLevel Ladepark Projekt z. B. am Entwicklungsprozess einer DIN-Spezifikation für Barrierefreiheit in Ladeinfrastruktur. Die Erkenntnisse aus diesem Benchmark-Projekt werden auf diesem Wege also bereits für zukünftige Projekte verfügbar gemacht.

Praxistipp: Einheitlichkeit schaffen, um marktweite Synergien zu heben

„Sobald für neue Technologien und Materialien einheitliche rechtliche Vorgaben und Zertifizierungssysteme geschaffen wurden, können marktübergreifend Synergien gehoben werden. Nur dann ist eine schnelle Skalierung von innovativen Ansätzen wie dem des NextLevel Ladeparks möglich. Dies kann z. B. durch einen regelmäßigen aktiven Austausch in Netzwerken und Verbänden zwischen den Marktteilnehmenden ermöglicht werden.“



Umstellung auf E-Mobilität im öffentlichen Busverkehr im Landkreis Ludwigslust-Parchim



© Gesine Kneetz VLP

Kurzbeschreibung

Die Elektrifizierung der Busflotte im Landkreis Ludwigslust-Parchim ist ein Leuchtturmprojekt der Verkehrswende in Deutschland. Es zeigt, dass Elektromobilität auch abseits der Ballungszentren erfolgreich umgesetzt werden kann. Mit diesem zukunftsweisenden Schritt setzt die Verkehrsgesellschaft Ludwigslust-Parchim mbH (VLP) neue Maßstäbe in Sachen Nachhaltigkeit und leistet einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors. Der Landkreis Ludwigslust-Parchim ist mit einer Fläche von 4.767 Quadratkilometern der zweitgrößte Landkreis in Deutschland und in Mecklenburg-Vorpommern. Die Einwohnerzahl beträgt rund 215.000 Personen.

Kern des Projekts sind 230 Busse, von denen bereits rund 47 Dieselbusse durch Elektrobusse des Typs eCitaro von Mercedes-Benz ersetzt wurden. Diese Elektrobusse sind seit 2021 schrittweise in den Betrieb integriert worden. Langfristiges Ziel ist es, die gesamte Flotte zu elektrifizieren. Um den reibungslosen Betrieb der E-Busse zu gewährleisten, wurde gleichzeitig die notwendige Werkstattausrüstung sowie die Ladeinfrastruktur an

Emissionssektor:

Verkehr

Projektträger:

Verkehrsgesellschaft
Ludwigslust-Parchim
mbH (VLP)

Finanzvolumen:

17 Mio. Euro

Standort:

Landkreis
Ludwigslust-Parchim

Laufzeit: 2019 – heute

allen zwölf VLP-Betriebshöfen in Mecklenburg-Vorpommern installiert. Dazu gehören leistungsstarke Netzanschlüsse mit einer Gesamtleistung von 7 MW, die ausreichend Kapazität für die gesamte VLP-Flotte bieten. So kann der Fuhrpark in Zukunft problemlos weiter elektrifiziert werden, ohne dass der Netzanschluss erweitert werden muss.

Beitrag zur Klimaneutralität

Der Strom für die Elektrobusse stammt zu 100 % aus regenerativ erzeugter Energie. Die Elektrobusse sind mit radnabennahen Elektromotoren ausgestattet und heizen bzw. kühlen mit einer elektrischen CO₂-Wärmepumpe.

Im Rahmen des Kreisentwicklungskonzepts des Landkreises wurde ermittelt, dass die kommunalen Busse für 50 % der CO₂-Emissionen der Kreisverwaltung und der kreislichen Liegenschaften und Beteiligungen wie bspw. Schulen, Krankenhäuser, Straßenmeistereien und Abfallwirtschaftsbetriebe verantwortlich waren. Diese Erkenntnis war zuvor nicht in diesem Ausmaß bekannt und führte dazu, dass das Projekt breite politische Unterstützung erhielt. Im Hinblick auf das Ziel des Kreisentwicklungskonzepts 2030, die eigenen Emissionen um 55 % zu reduzieren, spielt die vollständige Elektrifizierung des Busverkehrs also eine zentrale Rolle. Durch diese Umstellung würden lediglich 5 % des gesetzten Reduktionsziels noch anderweitig erfüllt werden müssen. Die VLP leistet somit einen erheblichen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele des Landkreises.

Weitere Projektziele

Neuigkeitswert und Übertragbarkeit

Die VLP ist das erste Verkehrsunternehmen in Deutschland, das Busverkehre im ländlichen Raum in großem Umfang auf Elektrobusse umstellt. Einzigartig ist die innovative Ladeinfrastruktur, die im Rahmen des Projekts aufgebaut wurde. Die VLP setzt heute auf ein marktpreisbasiertes Lademanagement, bei dem die Stromkosten für die Elektrobusse täglich neu auf Basis des Marktpreises an der Börse berechnet werden. Auf dieser Grundlage wird dann täglich der sogenannte „Ladefahrplan“ erstellt, indem die VLP die Ladezeiten flexibel an die Strompreise anpasst.

Im Gegensatz zu vielen anderen Unternehmen, die ihre Stromversorgung im Konzernverbund realisieren, hat die VLP auch individuelle Netzentgelte wegen atypischer Netznutzung mit den sieben Netzbetreibern in ihrem Zuständigkeitsbereich vereinbart. Die Ladevorgänge der Elektrobusse werden gezielt an die jeweiligen Netzbedingungen angepasst. Die von den Netzbetreibern veröffentlichten Hochlastzeitfenster, in denen das Stromnetz aufgrund hoher Stromnachfrage besonders belastet ist, werden gemieden. Diese Hochlastzeitfenster bezeichnen die prognostizierten Zeiträume, in denen die Netzlasten am höchsten sind, z. B. weil zeitgleich viele Verbraucherinnen und Verbraucher Strom benötigen. Solche Spitzen können die Netzstabilität gefährden und höhere Netzkosten verursachen. Durch eine intelligente Steuerung der Ladeinfrastruktur vermeidet die VLP das Laden ihrer Elektrobusse in diesen belasteten Zeiträumen und nutzt stattdessen Zeiten geringer Netzbelastung, idealerweise bei hoher Verfügbarkeit erneuerbarer Energien. So werden nicht nur die Netze entlastet, sondern auch die Betriebskosten durch reduzierte Netzentgelte deutlich gesenkt – potenziell um bis zu 80 %.

Beteiligte Akteure:

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)
- Land Mecklenburg-Vorpommern
- Verkehrsgesellschaft Ludwigslust-Parchim

Bereits bei der Ausschreibung der Ladeinfrastruktur achtete die VLP auf die Zukunftsfähigkeit des Systems. Daher ist die eingesetzte Ladeinfrastruktur unter der Maßgabe beschafft worden, dass sie auf bidirektionales Laden umgerüstet werden kann, wenn die Technologie marktverfügbar wird. Das bedeutet, dass sie in Zukunft nicht nur Energie aus dem Stromnetz aufnehmen, sondern diese auch wieder zurückgeben kann.

Praxistipp: Effektive Planung der Ladeinfrastruktur für Ihre Busflotte



„Bevor Sie mit der Elektrifizierung Ihrer Busflotte beginnen, ist eine gründliche Planung der Ladeinfrastruktur unerlässlich. Ermitteln Sie zunächst den genauen Bedarf an Ladeleistung, basierend auf der Anzahl Ihrer Busse. Stellen Sie dann rechtzeitig einen Antrag auf einen Netzanschluss, um die Machbarkeit und Kosten zu klären. Planen Sie dabei großzügig, um zukünftige Erweiterungen zu ermöglichen.“

Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und Lösungsstrategien

Intelligente Ladetechniken senken Stromkosten für E-Busse

Die Anschaffungskosten eines konventionellen Dieseldusses liegen typischerweise zwischen 200.000 und 300.000 Euro. Ein 12 m-Solobus mit batterieelektrischem Antrieb kostet im Vergleich zu einem konventionellen Dieseldbus etwa das 2,5-fache.¹² Der genaue Preisunterschied ist jedoch stark abhängig von der Konfiguration und Ausstattung des Busses. Dennoch kann sich der Elektrobuss aufgrund der signifikant niedrigeren Betriebskosten als wirtschaftlich konkurrenzfähig gegenüber dem Dieseldbus erweisen. Ein entscheidender Faktor für die Wirtschaftlichkeit ist dabei die jährliche Laufleistung der Fahrzeuge: Je höher die gefahrenen Kilometer, desto schneller relativiert sich der höhere Investitionsaufwand pro Kilometer, da der hohe Anschaffungspreis pro gefahrenem Kilometer mit zunehmender Laufleistung sinkt. Die VLP haben zudem eine bemerkenswerte Strategie entwickelt, um ihre Stromkosten für Elektrobusse deutlich zu senken. Durch ein intelligentes Lademanagement, das die Ladevorgänge an die günstigsten Stunden an der Strombörse anpasst, und Sonderkonditionen für öffentliche Verkehrsbetriebe, wie reduzierte Stromsteuer und Konzessionsabgaben, erzielen sie einen Durchschnittspreis von nur 0,14 Euro/kWh. Zudem profitieren sie von den individuellen Netzverträgen, die aufgrund der speziellen Nutzungsweise des Stromnetzes zu reduzierten Netzentgelten führen.

Über den gesamten Lebenszyklus betrachtet, können die Gesamtkosten von Elektrobussen sogar schon heute unter denen von Dieseldussen liegen, insbesondere angesichts steigender Kraftstoffpreise und sinkender Batteriepreise. Die VLP setzt beim weiteren Ausbau der Flotte auf diese langfristige Amortisation und erwartet, dass sinkende Kosten und zunehmende Erfahrung die Umstellung auf emissionsfreie Busse auch für andere Unternehmen attraktiver machen werden.

Undurchsichtige Vorgaben und Förderprogramme für den Regionalverkehr als Herausforderung

Während die EU Clean Vehicle Directive Vorgaben für die Elektrifizierung von Stadtbussen setzt, bleibt der Regionalverkehr unberücksichtigt. Ohne konkrete Vorgaben und Förderprogramme im

¹² Quelle: Rohs / Krewerth (2023)

Regionalverkehr fehlt den Verkehrsunternehmen im ländlichen Raum die notwendige Unterstützung, um die hohen Anfangsinvestitionen zu finanzieren. Als die VLP ihre ersten Förderanträge im Jahr 2015 stellen wollte, sah sie sich von zahlreichen Herausforderungen aufgrund fehlender verfügbarer Informationen und Erfahrungswerte konfrontiert. Heute ist die VLP ein Vorreiter und Multiplikator und teilt die gewonnenen Erfahrungen und das erworbene Wissen aktiv mit anderen Verkehrsunternehmen, um auch ihnen den Weg zur Elektrifizierung zu erleichtern.

Zusätzlich erwies sich die kommunale Eigenständigkeit der VLP als entscheidender Vorteil bei der Einführung von Elektrobussen. Als kommunales Unternehmen ist die VLP nicht dem gleichen Wettbewerbsdruck ausgesetzt, wie er in anderen, privatisierten Verkehrssektoren häufig herrscht. Diese Situation ermöglichte es der VLP, langfristige Investitionen in nachhaltige Technologien ohne die Notwendigkeit kurzfristiger Gewinnmaximierung zu planen und umzusetzen.

ZUKUNFT.DE - Elektromobilität in der Paketzustellung



© ZUKUNFT.DE

Kurzbeschreibung

Das multizentrische Modellprojekt ZUKUNFT.DE verfolgte das ehrgeizige Ziel, die Elektromobilität in der Paketzustellung flächendeckend zu etablieren. Mit Elektrotransportern der Klassen 2,8 Tonnen und 3,5 Tonnen auf der „letzten Meile“ erprobte das Projekt die großflächige Integration der Elektromobilität im Realbetrieb. Das Akronym ZUKUNFT.DE steht für „Zustellverkehre kundenfreundlich, nachhaltig, flexibel und transparent. Durch Emissionsfreiheit“.

Hauptmotivation des Projekts war die Reduzierung lokaler Emissionen und die gleichzeitige Sicherstellung der betrieblichen Effizienz in der KEP-Branche (Kurier-, Express- und Paketdienste). Im Vordergrund stand die Skalierung der Elektromobilität, um einen nachhaltigen Branchenwandel voranzutreiben. ZUKUNFT.DE ging weit über die reine Beschaffung von Elektrotransportern und Ladeinfrastruktur hinaus. Die Fahrzeuge wurden im Alltagsgeschäft der beteiligten Logistikunternehmen umfassend geprüft, wobei insbesondere Reichweiten, Ladezeiten und die Integration in bestehende Betriebsabläufe im Fokus standen. Parallel dazu wurden die betrieblichen Abläufe an die neuen Anforderungen der

Emissionssektor:

Verkehr

Projekträger:

hySOLUTIONS GmbH

Finanzvolumen:

20 Mio. Euro des BMDV, davon 5,2 Mio. Euro für Forschungsaktivitäten und 14,8 Mio. Euro für die Beschaffung von Ladeinfrastruktur und Fahrzeugen

Standort:

70 Standorte deutschlandweit

Laufzeit: 2018 – 2021

Elektromobilität angepasst, was eine Neuplanung der Touren, die Schulung des Fahrpersonals und die Anpassung der Wartungsprozesse erforderte.

Um die KEP-Branche nachhaltiger zu gestalten, wurden im Rahmen des Projektes konventionelle Dieseltransporter durch 1.000 Elektrotransporter ersetzt – doppelt so viele wie ursprünglich geplant. Die wissenschaftliche Begleitung sorgte für fundierte Erkenntnisse und trug zur hohen Qualität des Projekts bei.

Das Projekt ZUKUNFT.DE zeichnet sich durch eine beispielhafte Zusammenarbeit dreier Bundesländer aus: Baden-Württemberg, Hamburg und Hessen. Für das Projekt wurden insgesamt 20 Mio. Euro vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) bereitgestellt, davon rund 5,2 Mio. Euro für Forschungsaktivitäten und rund 14,8 Mio. Euro für die Beschaffung von Ladeinfrastruktur und Fahrzeugen. Den Impuls für eine länderübergreifende Projektentwicklung gab das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen (HMWVW). Als starker Partner fungierte die e-mobil BW, die Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württembergs, die ihre Expertise im Bereich der Elektromobilität einbrachte. Als zentraler Vermittler zwischen Politik und Wirtschaft entwickelte die hySOLUTIONS GmbH aus Hamburg, die mit ihrer Erfahrung und der Schnittstelle in die Praxis zum Gelingen des Projekts beitrug, zusammen mit den beiden Ländervertretungen diese Projektidee. Neben den wissenschaftlichen Partnern waren namhafte Logistikunternehmen als Projektpartner aktiv beteiligt.

Beitrag zur Klimaneutralität

70 Standorte der KEP-Branche wurden mit Ladeinfrastruktur ausgestattet. Die Fahrzeuge legten in der Projektlaufzeit (2016 bis 2021) mehr als 12 Mio. km elektrisch zurück, 17,6 Mio. Sendungen wurden zugestellt und 13.000 Tonnen CO₂ im Vergleich zur Nutzung konventioneller Dieseltransporter eingespart.

Weitere Projektziele

Übertragbarkeit

Während der ursprüngliche Umsetzungsschwerpunkt in Baden-Württemberg, Hamburg und Hessen lag, wurde der Einsatzraum frühzeitig auf das gesamte Bundesgebiet ausgeweitet. Das Projekt ZUKUNFT.DE lieferte durch eine umfassende Datenerhebung im Realbetrieb tiefgreifende Einblicke in den Einsatz von Elektrotransportern für die Paketzustellung. Neben der Sammlung wertvoller Informationen ermöglichte das Projekt die Entwicklung eines innovativen Modells zur Optimierung der Routenplanung speziell für E-Fahrzeuge. Direktes Anwenderfeedback an die Hersteller befruchtete zudem die Weiterentwicklung der Elektrotransporter, wobei der konkrete Einfluss auf die nächste Generation allerdings offenbleibt.

Beteiligte Akteure:

- DPD Deutschland GmbH
- Frankfurt University of Applied Sciences
- Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.
- General Logistics Systems Germany GmbH & Co. OHG
- Hermes Germany GmbH
- hySOLUTIONS GmbH
- Kühne Logistics University gGmbH
- Mercedes-Benz AG
- Stromnetz Hamburg GmbH
- United Parcel Service Deutschland S.à.r.l. & Co. OHG
- Volkswagen AG

Die gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen aus ZUKUNFT.DE zeitigen bereits jetzt nachhaltige Erfolge. Alle Projektpartner treiben die Elektrifizierung ihrer Flotten aktiv voran und gehen dabei über die ursprünglichen Projektziele hinaus.

Neuigkeitswert

Das Projekt ZUKUNFT.DE markierte mit seinem Start im Jahr 2018 einen Meilenstein in der Geschichte der Elektromobilität in der KEP-Branche. Als Leuchtturmprojekt seiner Zeit ermöglichte es die erste großvolumige Erprobung von elektrisch angetriebenen Transportern in der Paketzustellung – sowohl zu Beginn des Projekts mit Vorserienmodellen als auch später mit serienreifen Fahrzeugen.

Praxistipp: Mittlerstellen einbinden

„Sichern Sie den Erfolg Ihrer Großprojekte an der Schnittstelle von Politik und Wirtschaft durch die frühzeitige Einbindung von Mittlerstellen wie Landesagenturen. Diese fungieren als zentrale Schnittstelle und Meinungsführer, um Ihr Vorhaben bekannt zu machen und die erforderliche Unterstützung zu gewinnen.“



Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und Lösungsstrategien

Top-Down Ansatz ermöglichte strategische Skalierung

Die Anschaffungskosten für Elektrotransporter in den Gewichtsklassen 2,8 Tonnen und 3,5 Tonnen variieren je nach Hersteller und Ausstattung. Laut der Studie von Transport & Environment (2022)¹³ liegt der durchschnittliche Kaufpreis eines leichten E-Transporters bei 34.400 Euro, während ein schwerer E-Transporter 52.900 Euro kostet (Stand 2022). Obwohl diese E-Transporter-Modelle etwa 40 % bis 55 % teurer sind als vergleichbare Dieselfahrzeuge, werden die höheren Anschaffungskosten durch niedrigere Betriebskosten mehr als ausgeglichen. Die Studie, die sechs EU-Länder untersucht hat, darunter Deutschland, stellt fest, dass Elektrotransporter für alle betrachteten Nutzergruppen die wirtschaftlichste Wahl sind – sofern Kaufprämien und Förderungen berücksichtigt werden. In der Gesamtkostenbetrachtung sind Elektrotransporter in der EU im Durchschnitt um 25 % günstiger als Dieseltransporter (0,15 EUR/km für Elektrotransporter im Vergleich zu 0,20 EUR/km für Dieseltransporter).

Neben den niedrigeren Stromkosten im Vergleich zu Diesel sind auch die Wartungskosten von Elektrotransportern aufgrund der einfacheren Antriebstechnik und der geringeren Anzahl verschleißanfälliger Komponenten günstiger. Allerdings sollten die Investitionskosten für den Aufbau einer Ladeinfrastruktur, insbesondere bei größeren Fahrzeugflotten, nicht vernachlässigt werden.

Zunächst mussten die beteiligten Subunternehmer der KEP-Branche von den auf den ersten Blick nicht offensichtlichen Vorteilen der Elektromobilität überzeugt und zur Anschaffung von Elektrotransportern motiviert werden. Die KEP-Unternehmen entwickelten hierzu unternehmensspezifische Kommunikations- und Motivationsstrategien. Diese reichten von Leasingmodellen bis hin zu

¹³ Quelle: Molliere (2022)

monetären Anreizen. Zur Förderung des Austauschs von Erfahrungen wurde ein Stakeholder-Board als beratendes Gremium eingerichtet. Die Mitglieder des Boards, bestehend aus Vertreterinnen und Vertretern von Universitäten, Verbänden und anderen relevanten Akteurinnen und Akteuren, prüften, ob die im Projekt entwickelten Ansätze den tatsächlichen Bedürfnissen der Praxis entsprechen und lieferten wertvolle Impulse für die weitere Entwicklung des Projekts. Es wurden Aspekte wie die Validierung von Projektergebnissen, die Bereitstellung von Feedback und die Förderung eines offenen Dialogs diskutiert. Durch diesen kontinuierlichen Austausch konnten mögliche Probleme frühzeitig erkannt und die Projektergebnisse an die sich verändernde Rahmenbedingungen angepasst werden.

Der anfängliche Fokus auf drei Bundesländer im Rahmen des Top-down-Ansatzes erwies sich in puncto Erfahrungssammlung als strategisch wertvoll. Dieser Schritt ermöglichte die spätere Skalierung des Projekts ZUKUNFT.DE auf die gesamte Bundesrepublik. Das Projekt ZUKUNFT.DE zeigt beispielhaft, dass Unternehmen in der KEP-Branche erfolgreich für die Elektromobilität gewonnen werden können, wenn die notwendigen Rahmenbedingungen (Förderungen, Anreize und Lade-Infrastruktur) geschaffen werden. Der Top-down-Ansatz in Kombination mit der unternehmerischen Eigeninitiative der KEP-Unternehmen und der neutralen Vermittlung durch hySOLUTIONS hat sich als Erfolgsrezept erwiesen. Besonders hervorzuheben ist die Bedeutung einer starken mittleren Ebene, die als „Schaltzentrale“ fungierte. Durch ihre Expertise und ihre Unabhängigkeit konnten sie als vertrauenswürdige Partnerin zwischen den verschiedenen Akteurinnen und Akteuren agieren und so die Umsetzung des Projekts effektiv unterstützen. Landesagenturen oder vergleichbare Einrichtungen wie die hySOLUTIONS GmbH können in multizentrischen Projekten eine zentrale Rolle bei der Projektentwicklung, Umsetzung und insbesondere bei der Koordination übernehmen.

Best Practices im Emissionssektor Industrie



© AdobeStock - Natalia

Das Projekt „**Abwärmenutzung der Stadtwerke Karlsruhe**“ liefert wertvolle Erfahrungswerte für das Zusammenwirken von Industrie und kommunaler Fernwärmeversorgung durch die Nutzung industrieller Abwärme.

Im Forschungsprojekt „**ErfMemDekZem**“ arbeitet der Baustoffproduzent Holcim daran, die membranbasierte CO₂-Abscheidung für die Dekarbonisierung von Zementwerken voranzutreiben.

Mit seinen Ambitionen für die Dekarbonisierung der Stahlindustrie spielt das Projekt **SALCOS** eine wichtige Rolle beim Aufbau einer funktionierenden Wasserstoffinfrastruktur in Deutschland.

Eine innovative Sortieranlage der OSR GmbH & Co. KG ermöglicht ein optimiertes, **sortenreines Metallrecycling** und leistet damit einen Klimaschutzbeitrag durch Verringerung des energieintensiven Primärrohstoffbedarfs.

Abwärmenutzung der Stadtwerke Karlsruhe



© Schwarz Produktion Stiftung & Co. KG

Kurzbeschreibung

Die Stadtwerke Karlsruhe implementierten 2009 gemeinsam mit der Mineralölraffinerie Oberrhein GmbH & Co. KG (MiRO) ein Verfahren, um die dort anfallende Prozesswärme zur Fernwärmeversorgung zu nutzen. Dazu wurde mit Hilfe spezieller, innovativer Plattenwärmeüberträger die Prozesswärme an mehr als 20 Abwärmequellen ausgekoppelt, um damit Heizwasser zu erhitzen. Die Plattenwärmeüberträger bestehen aus wellenförmig profilierten Platten, die so zusammengesetzt sind, dass jeweils in aufeinanderfolgenden Zwischenräumen einmal das Wärme abgebende Raffinerieprodukt und parallel daneben das Wärme aufnehmende Wasser fließen. Sie erlauben die Übertragung der Wärme zwischen den Anlagen der Raffinerie und dem Fernwärmenetz auf sehr engem Raum. Dies ist Voraussetzung für die nachträgliche Installation. Zudem sind die Plattenwärmetauscher wartungsfreundlich. Das entstehende Heizwasser wird anschließend über eine neue, etwa fünf Kilometer lange Transportleitung vom Raffineriegelände zur Heizwasserzentrale, dem Heizkraftwerk West der Stadtwerke Karlsruhe, geführt.

Das bereits vorhandene Kühlsystem der Raffinerie verbleibt als Reserve, um bei eventuellen Störungen negative Rückwirkungen

Emissionssektor:

Industrie

Projektträger:

Stadtwerke Karlsruhe

Finanzvolumen:

63 Mio. Euro

Standort:

Karlsruhe

Laufzeit: 2007 – 2023

auf den Raffinerieprozess zu vermeiden. Die Einspeisung in das Fernwärmenetzwerk erfolgt über das Heizkraftwerk. Dort wurden zur Absicherung drei weitere Wärmeüberträger installiert, die das Netz der Stadtwerke vom Transportnetz zur MiRO trennen. Dadurch ist eine hydraulische Entkopplung des Raffinerieprozesses vom Fernwärmenetz gesichert.

Die Installationsarbeiten für eine weitere Fernwärme-Verbindungsleitung vom Betriebsgelände der Maxauer Papierfabrik GmbH (MAP) an die von MiRO kommende Fernwärme-Transportleitung wurden im Dezember 2022 abgeschlossen. Die Papierfabrik besitzt einen Wirbelschichtkessel, der zu über 80 % mit Biomasse betrieben wird und die Papierfabrik mit Prozessdampf und über Turbinen mit elektrischer Energie versorgt. Die Turbinen werden dabei im kombinierten Kraft-Wärme-Kopplungs- (KWK) und Kondensationsbetrieb eingesetzt. Durch den Bau einer neuen, hocheffizienten Turbine ergab sich ein weiteres KWK-Potenzial von rund 40 Tonnen Dampf pro Stunde, welches die Stadtwerke Karlsruhe nun für die Fernwärmeversorgung nutzen. Der Dampf wird dabei in einem neuen Heizkondensator zur Erzeugung von Heizwasser genutzt, welches zu den Stadtwerken Karlsruhe geleitet wird. Nach zweijähriger Bauzeit speist das Industrieheizkraftwerk der Papierfabrik somit KWK-Wärme zusätzlich zur MiRO-Abwärme in das Fernwärmenetz der Stadtwerke Karlsruhe ein und erhöht den Anteil an Karlsruher Fernwärme, der aus industrieller Prozessabwärme erzeugt wird und somit CO₂-intensivere Einspeisequellen substituiert.

Beteiligte Akteure:

- Maxauer Papierfabrik GmbH
- Mineralölraffinerie Oberrhein GmbH & Co. KG (MiRO)
- Stadtwerke Karlsruhe

Beitrag zur Klimaneutralität

Die Abwärmenutzung aus dem Raffinerieprozess der MiRO ermöglicht eine Einspeisung in das Fernwärmenetz der Stadt Karlsruhe von rund 520.000 Megawattstunden (MWh) jährlich. Damit können etwa 45.000 Haushalte sowie zahlreiche Großkunden versorgt werden. Die bisher verwendeten Primärenergieträger (fossiles Erdgas) im Heizkraftwerk werden entsprechend substituiert. Dadurch wird eine CO₂-Ersparnis von über 100.000 Tonnen im Jahr erreicht. Die jährlich von der im Februar 2023 angeschlossenen MAP zur Verfügung gestellte Wärmemenge wird auf rund 50.000 MWh prognostiziert. Rechnet man die Einspeisemenge auf Haushalte um, so reicht das, um jährlich rund 5.000 Karlsruher Haushalte mit Fernwärme zu versorgen. Die damit verbundene zusätzliche Einsparung beträgt rund 11.500 Tonnen CO₂ pro Jahr, verglichen mit einer durch Erdgas erzeugten Wärme.

Die Abwärmenutzung spielt dabei für die Transformation der Fernwärmeversorgung hin zur Klimaneutralität eine wichtige Rolle: Die Technologie weist sehr großes Potenzial auf, ressourcenschonend zur Fernwärmeversorgung – und damit zum Klimaschutz – beizutragen.

Weitere Projektziele

Übertragbarkeit

Das Projekt wurde bereits 2015 durch einen Ausbau der Fernwärmenutzung der Mineralölraffinerie erweitert. Im Jahr 2023 folgte der Anschluss der MAP. Darin zeigt sich die hohe Übertragbarkeit des Verfahrens. Inzwischen wurde diese Art der Fernwärmenutzung auch bei anderen Raffinerien umgesetzt. Speziell für die Papierindustrie ergibt sich ein großes Potenzial, da diese allein in Deutschland über 144 Standorte verfügt. Damit ist sie die größte Papierindustrie Europas und die viertgrößte der Welt. Dabei ist allerdings zu beachten, dass der Energieeffizienzvorteil bei der Papierindustrie geringer ist als bei der MiRO. Dies liegt daran, dass nicht einfach wie bei der

MiRO Abwärme genutzt werden kann, sondern Wärme durch KWK mittels einer Turbine mit Entnahmesystem erzeugt wird, wodurch Dampf, der sonst noch etwas Strom erzeugt hätte, in nutzbare Wärme umgewandelt wird und somit durch die ausgekoppelte Wärme ein geringer Stromverlust entsteht.

Das Projekt zeigt damit die Symbiose zwischen Industrie und der Fernwärmeversorgung durch die Nutzung der industriellen Abwärme auf. Das Beispiel demonstriert die grundsätzliche Funktionsweise und verdeutlicht, dass die Nutzung industrieller Abwärme bei verschiedenen Industrien funktionieren kann. Besonders NRW weist dabei große Potenziale auf. Der „Potenzialstudie Industrielle Abwärme“ aus dem Jahr 2019 des Landesamts für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) zufolge entfällt dabei 47 Prozent des Potenzials in Deutschland auf NRW¹⁴. Dabei sind weitere potenzielle Abwärmequellen beispielsweise Elektrolyseure oder Rechenzentren.

Neuigkeitswert

Die Einbindung der Papierfabrik zur Fernwärmeversorgung zeigt, dass die Nutzung industrieller Abwärme bei verschiedenen Industrien möglich ist. Bezüglich der Miro hatte die Nutzung von Prozesswärme mittels Plattenwärmeüberträgern zu Beginn der ersten Projektphase einen hohen Neuigkeitswert. So war es das erste Projekt, bei dem ein Raffineriebetreiber Abwärme aus dem Raffinerieprozess selbst herausgekoppelt hat. Andere Raffinerieanlagen konnten zu diesem Zeitpunkt lediglich Wärme aus dem Kraftwerksprozess herauskoppeln.

Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und Lösungsstrategien

Vertragliche Interessensangleichung der Projektpartner entscheidend für Umsetzung des Projektes

Im Vorfeld der Nutzung der Prozesswärme der MiRO durch die Stadtwerke Karlsruhe musste geklärt werden, wie der Fernwärmeanschluss finanziert und bestehende Risiken, beispielsweise Unsicherheiten über zukünftige Schwankungen in den erzielbaren Marktpreisen für Fernwärme, vertraglich geregelt werden können. Die Anlagen wurden dabei von den Stadtwerken Karlsruhe finanziert. Das Investment sowie die Kapitalkosten werden durch verkaufte Fernwärme gegenfinanziert. Die Grundlage für das Investment war, dass möglichst alle denkbaren Herausforderungen bzw. Risiken, die während des Projektes aus Sicht beider Projektpartner auftreten könnten, offengelegt wurden. Dadurch konnten diese Punkte den jeweiligen Chancen in jedem Aspekt gegenübergestellt werden, wodurch eine Angleichung der individuellen Interessen der Vertragspartner bis ins kleinste Detail erreicht wurden.

Für im Projektverlauf aufkommende Risiken wurde in den Vertrag weiterhin eine Präambel mit aufgenommen, dass sämtliche auftretende Risiken von beiden Partnern zu gleichen Teilen getragen werden, ebenso wie sämtlicher Zusatznutzen.

Gemeinsamen Systemverständnis und Aufbau gegenseitigen Vertrauens zentral

Ein weiterer Erfolgsfaktor war die Einbeziehung der kompletten Belegschaften. Es wurde viel Zeit in persönliche Besichtigungen und Austausche beider Werke durch die kompletten Teams investiert, um persönliches Vertrauen zueinander aufzubauen. Dies war Grundlage, um bspw. die

¹⁴ Quelle: Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (2024)

Informationssysteme beider Werke erfolgreich so übereinander zu legen, dass notwendige Daten effizient ausgetauscht werden konnten.

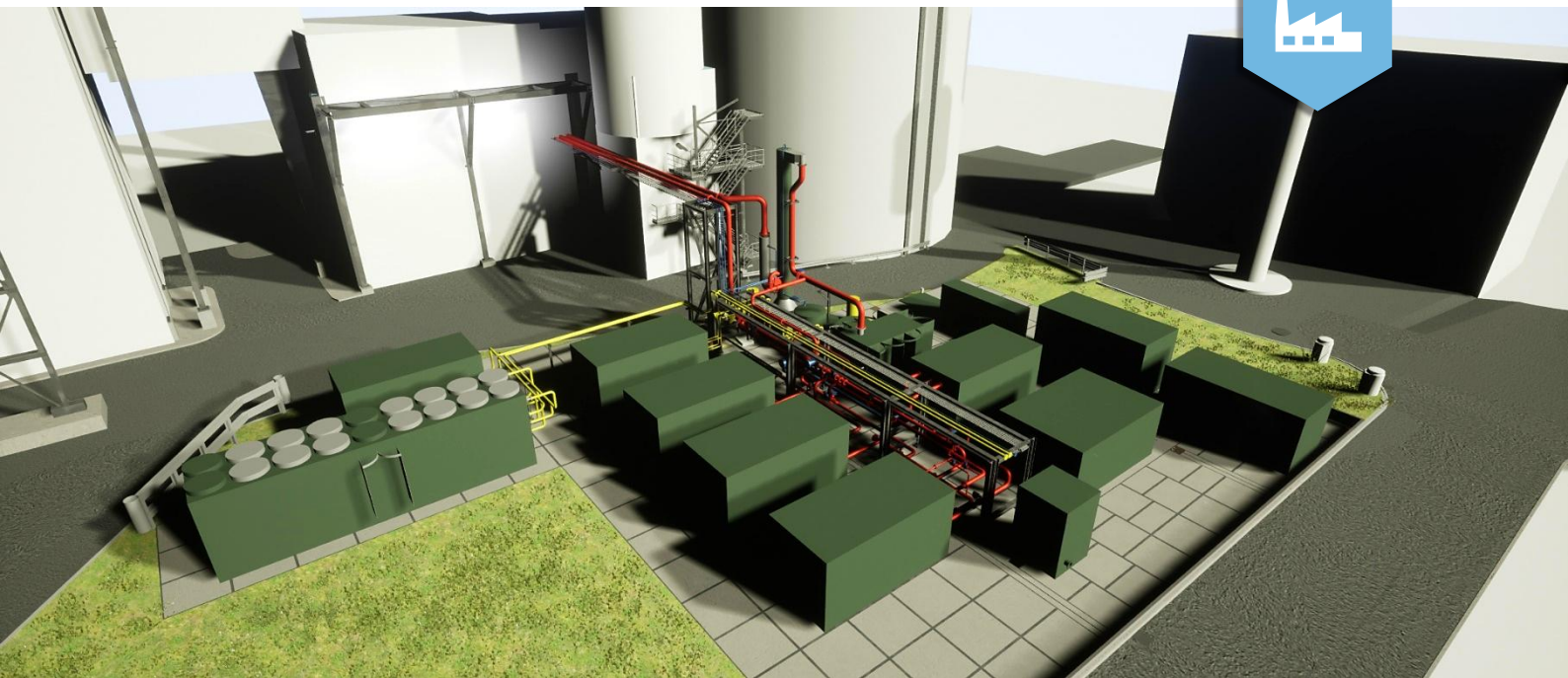
Außerdem wurde so bei allen Beteiligten ein besseres Verständnis des komplexen Wirkungssystems beim Fernwärmekreislauf geschaffen. Dies half, auftretende Probleme und Herausforderungen langfristig erfolgreich zu beseitigen. So ist bspw. das Problem aufgetreten, dass Kohlenwasserstoffe aus der MiRO in das Wasser des Transportsystems gelangten. Die Beseitigung war damals aufwendig und nahm ca. einen Monat in Anspruch. Auf diesen Vorfall hin wurden verschiedene Sicherungssysteme eingebaut, wie bspw. Druckmessungen, die schnell erkennen, wenn Kohlenwasserstoffe in das System eintreten. Dies war insbesondere wichtig, da mit der Papierfabrik aktuell noch ein dritter Produktionskreislauf an den Wasserkreislauf des Transportnetzes angeschlossen ist. Somit könnten auch dort Schäden entstehen, wenn das Eintreten des Kohlenwasserstoffs nicht rechtzeitig erkannt wird.

Praxistipp: Neue Anschaffungen nutzen, um neue Technologien zu integrieren



„Neue Anschaffungen können eine Gelegenheit bieten, neue Technologien zu integrieren. Im Fall der Maxauer Papierfabrik wurde die Erneuerung der Turbine dazu genutzt, eine passende neue Turbine mit einer zusätzlichen Entnahmestelle zu kaufen, die es ermöglicht, überschüssigen Dampf abzuführen und damit Wärme auszukoppeln. Dabei wurden die Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Erneuerung zusammen mit den Stadtwerken Karlsruhe untersucht.“

ErfMemDekZem – CCU/CCS in der Zementindustrie



© Cool Planet Technologies

Kurzbeschreibung

Der Baustoffproduzent Holcim arbeitet im Forschungsprojekt „ErfMemDekZem“ daran, die membranbasierte CO₂-Abtrennung für die Dekarbonisierung von Zementwerken voranzutreiben. Ziel ist es, die klimaschädlichen Treibhausgase aus dem anfallenden Rauchgas bei der Zementproduktion abzuscheiden und als Rohstoff für die weitere Verwendung aufzubereiten. Dabei kommt die sogenannte PolyActive™-Membrantechnologie zum Einsatz. Die Membran lässt das durchströmende Kohlendioxid besser passieren als andere Gase. Es kann so anschließend aus dem Rauchgasgemisch abgetrennt werden. Dabei wird im Rahmen des Forschungsprojekts der Einfluss verschiedener Parameter – wie Druck, Durchfluss oder Temperatur sowie Energieverbrauch – auf die CO₂-Abscheiderate des Zementrauchgases untersucht. Die CO₂-haltigen Rauchgase entstehen dabei vor allem beim Brennen von Kalk zur Gewinnung von Zementklinker, wobei die Emissionsfreisetzung zu zwei Dritteln unvermeidbar ist. Ein geringerer Treibhausgasausstoß ist damit nur durch das Abscheiden des im Prozess freiwerdenden Kohlenstoffdioxids möglich. Aus diesem Grund kommt der industriellen Erforschung und Demonstration von CO₂-Abscheidetechnologien (Carbon Capture) eine zentrale Rolle zu.

Emissionssektor:

Industrie

Projektträger:

Holcim AG

Finanzvolumen:

2,6 Mio. Euro

Standort:

Höver

Laufzeit: 2022 – 2025

Das in diesem Projekt genutzte membranbasierte Verfahren findet erstmalig in der Zementindustrie Anwendung. Die Technologie des notwendigen Membranverfahrens wurde von der Helmholtz-Zentrum Hereon GmbH entwickelt, während das Unternehmen Cool Planet Technologies Limited (CPT) das Verfahren derzeit zur Industriereife bringt. Gefördert wird das Projekt zu 50 % vom Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien (KEI) mit Mitteln des BMWK.

Beitrag zur Klimaneutralität

Bei der hier angewandten Technologie ist geplant, im ersten Versuchsjahr bis zu 10.000 Tonnen CO₂ abzuscheiden. Im Fall einer erfolgreichen Umsetzung der ersten Testphase soll das Projekt um zwei weitere Phasen erweitert werden, welche bis 2027 bzw. 2030 realisiert werden sollen. In diesen Abschnitten wird eine Maßstabsvergrößerung des Membranmoduls angestrebt, sodass bis zu 800.000 Tonnen CO₂ abgeschieden werden können. Die Abscheidungsrate könnte damit 95 % erreichen. Bezogen auf die gesamte deutsche Zementindustrie (2 % der Gesamt-CO₂-Emissionen Deutschlands) könnten durch die Technologie bis zu 18 Mio. Tonnen CO₂ eingespart werden. Da mit ca. zwei Dritteln ein Großteil der CO₂-Emissionen der Zementindustrie prozessbedingt sind, ist es nach aktuellem Stand auch notwendig, CCU- und CCS-Technologien für die Dekarbonisierung der Zementindustrie anzuwenden.

Beteiligte Akteure:

- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
- Cool Planet Technologies Limited (CPT)
- Helmholtz-Zentrum Hereon GmbH
- Holcim AG
- Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien (KEI)

Weitere Projektziele

Übertragbarkeit

Der Vorteil der membranbasierten CO₂-Abscheidetechnologie liegt darin, dass es sich um ein End-of-pipe-Verfahren handelt. Das bedeutet, dass der Produktionsprozess nicht angepasst werden muss, da der Abgasstrom abgezweigt und mittels einer Rohrleitung zur Membran geleitet werden kann. Dadurch lässt sich das Verfahren einerseits innerhalb eines Werkes sehr gut skalieren, da schrittweise mehr Abgas abgeleitet und die Membranfläche zur Abscheidung erhöht werden kann. Andererseits lässt sich die Technologie gut auf andere Zementwerke übertragen, da diese ähnliche Abgasströme besitzen. Auch eine Übertragbarkeit der Technologie auf andere Branchen oder Kraftwerke ist denkbar. Für eine Übertragung auf andere Branchen muss die Membrantechnologie jedoch an die Zusammensetzung des jeweiligen Abgasstromes angepasst werden.

Neuigkeitswert

Die Technologie selbst wird seit geraumer Zeit erforscht und darüber hinaus bereits an Kohlekraftwerken erfolgreich getestet. Der Innovationswert liegt hier in der Übertragung auf die Zementindustrie, da sich dadurch neue Parameter und Abscheidungseigenschaften ergeben. Ein weiterer innovativer Aspekt des Projektes ist die geplante Maßstabsvergrößerung: Während in bisherigen Untersuchungen mit Membranflächen von 16 m² gearbeitet wurde, zielt dieses Projekt auf eine Fläche von 530 m² ab.

Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und Lösungsstrategien

Projektverzögerung durch ungeklärte Finanzierung

Die Frage der Finanzierung der CO₂-Abscheidungsanlage des Projektpartners CPT war aufgrund fehlender Investoren lange Zeit offen, was zu einer Verzögerung des Projektstarts um ein Jahr führte. Dennoch blieben die Projektpartner alle am Ball. Ein entscheidender Faktor für diese Beharrlichkeit war eine stets wertschätzende Kommunikation auf Augenhöhe zwischen allen Projektpartnern, welche u. a. durch einen offenen, ehrlichen und regelmäßigen (wöchentlichen) Austausch gewährleistet wurde. Auch von Seiten des KEI wurde das Projekt trotz der Verzögerung immer unterstützt. Ein weiterer wichtiger Aspekt des Projekts war, dass Holcim es als Forschungs- und Entwicklungsvorhaben finanziert. Dadurch steht der Erkenntnisgewinn und das Sammeln von Informationen im Mittelpunkt und nicht zwingenderweise eine Amortisation der Investitionen.

Intraindustrieller Austausch hat sich als Vorteil erwiesen

Ein weiterer Erfolgsfaktor des Projekts ist der frühzeitige Austausch mit allen beteiligten Akteurinnen und Akteuren, die langfristig an der Wertschöpfungskette des abgeschiedenen CO₂ beteiligt sind. Neben Holcim als Vertreter der Zementindustrie CPT und dem Helmholtz-Zentrum Hereon als Entwickler und Umsetzer der Membrantechnologie gehören dazu noch weitere Akteure: Dazu zählen das KEI bzw. BMWK als staatliche Förderer sowie die Netzbetreiber für den Netzausbau (hier z. B. Avacon). Hinzukommen kann zukünftig die abnehmenden chemischen Industrien, wenn das CO₂ langfristig nicht mehr eingelagert, sondern genutzt werden soll (hier z. B. die Chemikalienhersteller Linde und Liquide).

Praxistipp: Zweigeteiltes Antragsverfahren erhöht die Flexibilität bei der Projektdurchführung



„Es wurden zwei Förderanträge gestellt: der erste für die Membrantestung als industrielle Forschung und ein zweiter kleinerer Förderantrag für eine Konzeptstudie, die sich mit Fragen im Zusammenhang mit dem abgeschiedenen CO₂, dem nachgelagerten Transport und der anschließenden Nutzung beschäftigt. Die separate Antragstellung war insofern hilfreich, als dass die Förderung für die Membrantestung zuerst bewilligt werden konnte und kein weiterer Faktor für eine Projektverzögerung war.“

SALCOS – Salzgitter Low CO₂ Steelmaking



© SALCOS

Kurzbeschreibung

Im Rahmen des Programms SALCOS® will die Salzgitter AG zusammen mit einer Reihe von Partnern die Dekarbonisierung der Stahlindustrie möglich machen. Aktuell wird für die erste Stufe eine 100 MW-Elektrolyseanlage, eine Direktreduktionsanlage und ein Elektrolichtbogenofen errichtet. In der Direktreduktionsanlage wird Eisenerz mit Hilfe des eigens produzierten Wasserstoffes – für den Übergang gemischt mit Erdgas – in das für die Stahlherstellung notwendige metallische Eisen umgewandelt. Das direktreduzierte Eisen wird anschließend im Elektrolichtbogenofen gemeinsam mit Stahlschrott eingeschmolzen und somit zu grünem Stahl verarbeitet. Ab 2026 sollen Produkte von der SALCOS®-Route am Markt sein. Bis 2033 möchte die Salzgitter AG die Transformation des Standortes abgeschlossen haben, sodass die CO₂-Emissionen aus der Stahlerzeugung bis 2033 schrittweise um bis zu 95 % reduziert werden können.

Mit dem Ziel, die für die Stahlerzeugung notwendigen fossilen Einsatzstoffe durch Wasserstoff zu ersetzen, beschäftigt sich die Salzgitter AG seit mehreren Jahren sehr intensiv. So wurde bspw. im Jahr 2020 auf dem Konzerngelände ein Windpark mit einer Nennleistung von 30 MW errichtet. Der dort erzeugte

Emissionssektor:

Industrie

Projekträger:

Salzgitter AG

Finanzvolumen:

Voraussichtliche Gesamtinvestitionen: mittlerer einstelliger Mrd. Betrag

Laufende Investition: 2,2 - 2,4 Mrd. Euro, davon rund 1 Mrd. Euro gefördert durch die Bundesregierung (70 %) und das Land Niedersachsen (30 %)

Standort:

Salzgitter

Laufzeit: 2015 – 2033

Strom wird in einer eigenen PEM-Elektrolyseanlage mit knapp 4 MW Anschlussleistung für die Produktion von grünem Wasserstoff verwendet. In einer weiteren Elektrolyseanlage wird zusätzlich Dampf aus industrieller Abwärme der Stahlerzeugung für die Herstellung von Wasserstoff genutzt. Dieser Hochtemperatur-Elektrolyseur war zu Projektbeginn weltweit der größte seiner Art und produziert bei einer Nennleistung von 0,72 MW rund 200 Nm³/h Wasserstoff. Aktuell können beide Anlagen zusammen den heutigen Wasserstoffbedarf für Glühprozesse und die Stahlveredelung abdecken, für das oben beschriebenen SALCOS®-Programm werden allerdings deutlich größere Mengen benötigt.

Ausgewählte Technologiepartner für SALCOS:

- Andritz-Gruppe
- Primetals Technologies
- Tenova, Danieli und DSD Steel Group

Wasserstoff ist ein entscheidender Faktor für die Dekarbonisierung von energieintensiven Industrien. Das Programm SALCOS® leistet damit einen Beitrag für den Aufbau einer Wasserstoff-Wirtschaft in Deutschland, ganz im Sinne der Nationalen Wasserstoffstrategie der Bundesregierung.¹⁵

Beitrag zur Klimaneutralität

Mit einer voraussichtlichen Gesamtinvestitionssumme im mittleren einstelligen Milliardenbereich handelt es sich um ein investitionsintensives Projekt. Die dadurch ermöglichten Emissionsreduktionspotenziale haben jedoch eine sehr große Bedeutung. Die Salzgitter AG stößt pro Jahr etwa 8 Mio. Tonnen CO₂ als direkte Emission aus und ist damit für mehr als 1 % der gesamtdeutschen CO₂-Emissionen verantwortlich. Innerhalb der ersten Ausbaustufe bis 2026 sollen die Emissionen (jeweils Scope 1 und 2) um 30 % reduziert werden, bis Ende 2030 soll eine Reduktion um 50 % erfolgen und bis Ende 2033 die endgültige Reduktion um rund 95 %.

Die Stahlindustrie insgesamt ist mit rund 51 Mio. CO₂-Treibhausgasemissionen im Jahr 2022 die Branche mit den höchsten Emissionen in Deutschland.¹⁶ Das sind 31 % der industriellen Emissionen und 7 % der gesamtdeutschen Emissionen. Bei einer Reduktion um 95 % könnten diese größtenteils eingespart werden.

Weitere Projektziele

Übertragbarkeit

Der Ansatz und auch die dahinterliegenden Technologien des SALCOS®-Programms sind technisch gut auf andere Stahlhersteller übertragbar. Allerdings sind die Rahmenbedingungen erfolgskritisch. Einerseits erfordert die Umstellung auf diese Technologien hohe Investitionen, die sich im Milliardenbereich bewegen. Andererseits ist die Verfügbarkeit von Wasserstoff in großen Mengen zurzeit noch nicht gesichert. Während eine eigene Wasserstoffproduktion Teil des Ansatzes ist, ist eine verlässliche Wasserstoffinfrastruktur eine wichtige Bedingung für die erfolgreiche Dekarbonisierung der Stahlindustrie. In Regionen mit begrenzter Infrastruktur für die Wasserstoffproduktion kann dies also zusätzliche Hürden bereiten. Insgesamt zeigt sich, dass die technologische Übertragbarkeit vorhanden ist, aber die wirtschaftlichen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen eine Schlüsselrolle bei der erfolgreichen Implementierung der Direktreduktion im Stahlsektor spielen. Es wird entscheidend sein, zukünftige regulatorische und finanzielle Unterstützungsmaßnahmen zu entwickeln, um den Übergang zu umweltfreundlichen Produktionsmethoden zu erleichtern und die Stahlindustrie nachhaltiger zu gestalten.

¹⁵ Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020)

¹⁶ Quelle: Wirtschaftsvereinigung Stahl (2023)

Neuigkeitswert

In der Stahlbranche herrscht der allgemeine Konsens, dass die Direktreduktion eine Technologie ist, um die Stahlerzeugung nachhaltig zu transformieren. Dies liegt vor allem an der bereits langjährigen Erprobung dieser Technologie im industriellen Produktionsmaßstab. Der innovative Ansatz ist der Betrieb der Direktreduktionsanlage mit einem Gemisch aus Wasserstoff und Erdgas. Dadurch kann unabhängig vom Hochlauf der externen Wasserstoffversorgung mit der Produktion von grünem Stahl begonnen werden. Mit steigender Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff zu wettbewerbsfähigen Preisen können die Emissionen dann noch weiter gemindert werden.

Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und Lösungsstrategien

Durchdachte Kommunikationsstrategie schafft Akzeptanz und Vertrauen unter Stakeholderinnen und Stakeholdern

Der zentrale Faktor für den erfolgreichen Start in den Bau der einzelnen Abschnitte des neuen Produktionsverfahrens war eine durchdachte Kommunikationsstrategie. SALCOS® ist das größte Investitionsprojekt in der Geschichte der Salzgitter AG. Zudem verfügt die Stahlindustrie über einen besonderen Stellenwert in Deutschland. Daraus ergibt sich ein Projekt von großer kultureller und wirtschaftlicher Bedeutung, welches ein breites Spektrum an Stakeholderinnen und Stakeholdern betrifft.

Angesichts dieser Komplexität wurde der Kommunikation im Programm SALCOS® von Beginn an große Bedeutung beigemessen. Die Verantwortlichen gehen offen auf Beteiligte aus Zivilgesellschaft und Politik, sowie auf Mitarbeitende, Shareholderinnen und Shareholder zu, informieren über die meist als komplex und abstrakt wahrgenommenen Anforderungen und regen einen intensiven (Interessen-) Austausch an. Im Laufe der Zeit konnten so bereits verschiedene Herausforderungen gelöst werden, wie z. B. der durch die Umstellung notwendig gewordene Ausbau des Stromnetzes am Industriestandort in Salzgitter. In diesem Beispiel durch mehrere Gesprächsrunden mit der betroffenen Anwohnerschaft entlang der Trasse.

Heute Entscheidungen für morgen treffen und Beteiligte dabei mitnehmen

Eine besondere Herausforderung für die Kommunikation selbst ist zudem ein für Klimatransformationsprojekte bekanntes Problem – der Zukunftsaspekt. Ziel der Kommunikation ist es, fortwährend Akzeptanz für Bautätigkeiten unter den Stakeholderinnen und Stakeholdern sowie Vertrauen in den zukünftigen Business Case zu schaffen. Doch wie schafft man dies für eine Umstellung, die vor allem in der Zukunft positiv und lohnend sein soll? Wichtig ist es hier immer wieder zu beschreiben, dass externe Rahmenbedingungen, wie z. B. der europäische Emissionshandel und die beschlossene Klimaneutralität Deutschlands ab 2045 massive Umbrüche für die Industrie bedeuten. Dies führt zukünftig zu von den Menschen momentan noch nicht „gefühlten“ Rahmenbedingungen, die „irgendwann“ die Produktion von grünem Stahl günstiger als die von grauem Stahl machen werden. Ein bewusster Umgang mit dieser schwer greifbaren „Zukünftigkeit“ und die Erarbeitung guter Lösungen für eine Übergangszeit sind daher sehr bedeutsam. Hier können bspw. grüne Leitmärkte einen wichtigen Beitrag leisten.

Aktuell würde die kostenintensive Herstellung von Wasserstoff ca. ein Drittel der Produktionskosten von direktreduziertem Stahl auf Wasserstoffbasis ausmachen.¹⁷ Verbunden mit etwas höheren Investitionskosten wären die Produktionskosten für eine Tonne Stahl laut der in Fußnote 11

¹⁷ Quelle: Agora Energiewende / FutureCamp / Wuppertal Institut / Ecologic Institut (2021)

genannten Studie damit mehr als 1,5-mal so hoch wie mit der herkömmlichen Stahlherstellung im Hochofen, wobei die so abgeschätzten Produktionskosten in Abhängigkeit von den Inputpreisen starken Schwankungen unterliegen. Existenziell wichtig für eine wirtschaftliche Produktion von grünem Stahl in Deutschland sind daher international wettbewerbsfähige Strom- und Wasserstoffpreise für die Stahlindustrie.

Praxistipp: Verwendung von Zukunftsszenarien



Für Innovation und Fortschritt sollten neue Produktionswege oder Geschäftsmodelle nicht in den Randbedingungen von heute, sondern in denen der Zukunft gedacht werden. Dabei kann die Verwendung von Zukunftsszenarien helfen. Diese ermöglichen es, Business Cases mit Hilfe von Annahmen auf die Zukunft zu projizieren. Das braucht zwar viel Know-how, ist jedoch auch der einzige Weg, das tatsächliche Potenzial eines neuen Verfahrens oder eines neuen Modells zu sehen.

Sortenreines Metallrecycling durch LIBS-Technologie



© OSR Metallrecycling

Kurzbeschreibung

Das Metallrecyclingunternehmen OSR GmbH & Co. KG setzt am Standort Schwäbisch Hall in einer neuen Sortieranlage ein von CleanLaser entwickeltes Verfahren zur Metallsortierung ein. Ziel dieses Verfahrens ist es, Produktionsrückstände aus der Herstellung von gemischten Aluminiumlegierungen so zu recyceln, dass die Aluminiumlegierungen sortenrein wieder verwendet werden können. Durch die verbesserte Sortierung des Metalls wird ein geschlossener Wertstoffkreislauf ohne Downcycling ermöglicht.

Aluminiumlegierungen finden in unterschiedlichen Konsumgütern (Aluminium als Halbzeug) - wie zum Beispiel in Automobilen - Anwendung und müssen dabei spezifische Anforderungen erfüllen, so dass die verwendeten Legierungen verschiedene Materialzusammensetzungen aufweisen. Um die Aluminiumlegierungen aus den Abfallfraktionen heraus wieder sortenrein zurückzugewinnen, sind hohe Sortiergrade erforderlich. Erreicht wird dies durch die selektive Oberflächenreinigung mit Hilfe der LIBS-Technologie („laser-induced breakdown spectroscopy“, laserinduzierte Plasmaspektroskopie). Die Oberfläche der Metallschrotte wird dabei zunächst mithilfe eines ersten Lasers „gereinigt“, wodurch unerwünschte Schichten oder Verunreinigungen entfernt werden. Anschließend wird das Material durch eine zweite

Emissionssektor:

Industrie

Projektträger:

OSR GmbH & Co. KG

Finanzvolumen:

ca. 3,5 Mio. Euro;
536.000 Euro Förderung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)

Standort:

Schwäbisch Hall

Laufzeit: 2021 – 2023

Lasertechnologie eingehend untersucht und entsprechend sortiert. Dieses Verfahren ermöglicht eine präzise und effiziente Sortierung von Metallen auf Basis ihrer individuellen Eigenschaften.

Die Sortieranlage und die verbundene Wertschöpfungskette sind auf die Kreislaufführung von Aluminium ausgerichtet, da das Recycling von Aluminium im Vergleich zur Verwendung von Primäraluminium besonders hohe Energie- und CO₂-Einsparungen mit sich bringt. Das macht die Kreislaufführung auch aus wirtschaftlicher Sicht attraktiv. Hinzu kommt, dass die Recyclingpotenziale für Aluminium perspektivisch steigen, da immer mehr Aluminium als Ersatz zu Stahl in den Konsumgütern (wie bspw. E-Autos) verarbeitet wird. Zurzeit kann die Sortieranlage nur Produktionsrückstände weiterverarbeiten. Langfristig ist jedoch geplant, die LIBS-Technologie in den nächsten Jahrzehnten auch zur Rohstoffgewinnung aus Altfahrzeugen zu nutzen. Derzeit können mit der neuen Anlage dabei bis zu 6.000 Tonnen Aluminiumabfälle jährlich verarbeitet werden.

Beteiligte Akteure:

- Cleansort
- Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)
- OSR GmbH & Co. KG

Beitrag zur Klimaneutralität

Metallrecycling birgt ein großes CO₂-Einsparpotenzial. Durch die Wiederverwertung kann der Einsatz von Primärrohstoffen reduziert werden. Diese sind in ihrer Herstellung meist sehr energieintensiv. Bei Aluminium ist das Einsparpotenzial besonders hoch. Durch den Austausch von Primärrohstoffen können bis zu 95 % CO₂ eingespart werden.¹⁸ Konkret bedeutet das, dass pro Tonne rohes und teillegiertes Aluminium bis zu 9,5 Tonnen CO₂ gegenüber der Primärerzeugung eingespart werden können.

Der hohe Emissionswert von ca. 10 Tonnen CO₂ von Primäraluminium ist dabei vor allem auf den sehr hohen Energie- bzw. Strombedarf, der für dessen Gewinnung erforderlich ist, zurückzuführen. Im Gegensatz dazu benötigt die neue Sortieranlage nur Strom in Höhe von ca. 20 Kilowattstunden (kWh), um eine Tonne Aluminium zu gewinnen. Derzeit können mit der neuen Anlage bis zu 6.000 Tonnen Aluminiumabfälle jährlich verarbeitet werden.¹⁹

Die Wiederverwertung und die dadurch vermiedene Aufbereitung neuer Primärrohstoffe trägt erheblich zur Ressourceneffizienz bei. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass Umweltschäden, die typischerweise mit Bergbau einhergehen, vermieden werden können. Dadurch wird die Zerstörung von Ökosystemen durch Waldrodung und Bergrutsche vermindert. Die neuartige geschlossene Kreislaufführung des Konzepts und die Herstellung eines Produktes mit (hohem) Anteil an Sekundärrohstoffen (bspw. für die Automobilindustrie), ermöglichen die Erfüllung von Recyclingquoten und weitere Potenziale der Wiederverwertung.

Übertragbarkeit

Die beschriebene Technologie zur Metallsortierung zeichnet sich durch eine gute Übertragbarkeit auf verschiedene Branchen aus. Dies ist unter anderem auf niedrige Investitionskosten zurückzuführen, da die Nutzung von Hochleistungslasern eine kosteneffiziente Umsetzung des Sortierverfahrens ermöglicht. Bestehende Anlagen können dabei umgerüstet werden, ohne dass ein kompletter Prozess- oder Anlagenneubau erforderlich ist. Unternehmen können dadurch ihre

¹⁸ Quelle: Prognos (2022)

¹⁹ Quelle: Deutsche Bundesstiftung Umwelt (o. J.)

bestehenden Ressourcen effizienter nutzen, ohne große finanzielle Aufwendungen für die Verwirklichung neuer Anlagen tätigen zu müssen.

Neuigkeitswert

Die Kombination der LIBS-Technologie mit einer selektiven Oberflächenreinigung zur schnellen Säuberung und Sortierung der Metallabfälle ist neu. Das trifft ebenfalls auf die Anwendung dieses Verfahrens in den größeren Dimensionen des Metallrecyclings zu. Auch wenn die LIBS-Technologie an sich keine grundlegend neue Technologie ist, weist dieses Projekt aufgrund der innovativen Verzahnung verschiedener Verfahren einen hohen Neuigkeitswert auf.²⁰

Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und Lösungsstrategien

Flexibilität in der Projektentwicklung erwies sich als Vorteil

Das Verfahren der Technologie von Cleansort wird bereits seit acht Jahren vorangetrieben und war ursprünglich für den Einsatz in einer Gießerei geplant. Die wirtschaftlichen Bedingungen haben sich jedoch für den Stoffstrom Stahl als nicht profitabel erwiesen. Im Vergleich zur Substitution von Aluminium sind bei Stahl z. B. die Energieeinsparungen wesentlich geringer. Infolgedessen zog sich die Gießerei aus dem Projekt zurück. Damals war die OSR GmbH & Co. KG als Zulieferer der Gießerei nur beratend tätig. Die Chance, die Entwicklung und Anwendung des Verfahrens in Bezug auf den vielversprechenderen Stoffstrom Aluminium aufzunehmen, nahm die OSR GmbH & Co. KG dann gerne an.

Eine große Herausforderung bei der Projektrealisierung bestand darin, die richtige Vorbehandlungsanlage zu identifizieren. Diese muss die richtige Qualität bieten und gleichzeitig massentauglich sein. Dafür wurden verschiedene Arten von Schrottanalysen mit verschiedenen Vorbehandlungsanlagen durchgeführt. So konnte sichergestellt werden, dass die zerkleinerten Aluminiumlegierungen die richtigen Eigenschaften (u. a. Größe und Form) für das Laserverfahren aufweisen. Die Testungen fanden dabei im Technikum von Cleansort statt.

Optimierung der Betriebsabläufe ermöglicht Erweiterung der Recyclingkapazitäten

Im ersten Betriebsjahr der neuen Anlage traten im Winter Störungen im Prozessablauf auf, da das Vormaterial mit Schnee und Wasser behaftet war, was die Funktionalität der Lasertechnologie beeinträchtigte. Als Lösungsansatz wurde die Logistikkette so optimiert, dass das Vormaterial durchgehend trocken gelagert wird.

Die OSR GmbH & Co. KG betrachtet die neue Anlage als strategische Chance und versucht, die Betriebsabläufe entsprechend weiterzuentwickeln. Ziel ist, die zukunftssträchtige Technologie noch effizienter zu nutzen. Dafür soll die Anlage für ca. eine Mio. Euro in Schwäbisch Hall abgebaut und anschließend in Aalen wieder aufgebaut werden. Am neuen Standort ist eine Umstellung von Normalbetrieb auf Zwei- bis Drei-Schichtbetrieb vorgesehen, um die Mengen an Material, die mit der Anlage recycelt werden können, zu verdoppeln. Für das nächste Jahr plant die OSR GmbH & Co. KG, dem Verwertungsprozess eine eigene Vorbehandlungsanlage hinzuzufügen, die die Aluminiumlegierungen zerkleinert. Dieser Schritt wird aktuell von einem Dienstleister durchgeführt.

²⁰ Quelle: Rusak / Castle / Smith / Winefordner (1997)

Praxistipp: Anwendungsoffenheit der Technologie



„Beim sortenreinen Metallrecycling wurde eine erfolgsversprechende Technologie in einer Weise angewendet, die ursprünglich nicht vorgesehen war. Eine Anwendungsoffenheit der Technologie in Verbindung mit einer gewissen Risikobereitschaft hat sich als Erfolg in der Praxis erwiesen.“

4 Handlungsempfehlungen

Die folgenden Handlungsempfehlungen basieren auf den Erfahrungen der vorgestellten Best Practice-Beispiele und bieten Anregungen für Akteurinnen und Akteure aus der Praxis sowie für die Politik und Intermediäre. Sie sind das Ergebnis erfolgreicher Klimatransformationsprojekte und zeigen, welche Maßnahmen und Strategien sich in der Praxis bewährt haben.

Zu betonen bleibt, dass diese Empfehlungen auf spezifischen Projekten beruhen und daher nicht ohne Weiteres verallgemeinert werden können. Die jeweiligen Rahmenbedingungen, Akteure und Herausforderungen variieren von Projekt zu Projekt. Dennoch bieten sie eine wert-volle Grundlage für die Entwicklung maßgeschneiderter Strategien und Maßnahmen in den Sektoren Gebäude, Energie, Verkehr und Industrie. Durch die Analyse erfolgreicher Projekte können Erkenntnisse gewonnen und Fehler vermieden werden.

Die Reihenfolge der Empfehlungen ist nicht hierarchisch zu verstehen. Sie umfassen sowohl im ersten Abschnitt Anknüpfungspunkte bei der Planung und Umsetzung von Klimaschutzprojekten bei den Unternehmen sowie im zweiten Abschnitt die Förderung und Unterstützung der Projekte seitens Politik und Intermediären.

4.1 Handlungsempfehlungen für die Praxis

Vertragliche Regelung der Risiken und Chancen zwischen den Projektpartnern

Bei Kooperationen, die Investitionen in neue Technologien bzw. deren Einsatz beinhalten, stellen Unsicherheiten über zukünftige Entwicklungen eine Herausforderung dar. Dies kann sich auf verschiedene Aspekte beziehen, wie etwa die Auswirkungen technologischer Innovationen auf den Markt, externen Faktoren, sowie die Stabilität und Volatilität der Nachfrage und Preisgestaltung für die jeweilige Technologie oder Dienstleistung. Um eine faire Verteilung der Chancen und Risiken zwischen den Projektpartnern zu gewährleisten, empfiehlt es sich, durch vertragliche Vereinbarungen sicherzustellen, dass alle Beteiligten in verschiedenen Szenarien ähnliche Interessen verfolgen.

Im Beispiel des Anschlusses der Mineralölraffinerie bzw. der Papierfabrik an das bestehende Abwärmenetz der Stadt Karlsruhe hat sich eine offene und transparente Kommunikation über die Risiken und Chancen vor Projektstart als Erfolgsfaktor erwiesen. Der Austausch ermöglichte es beiden Seiten, realistische Erwartungen zu formulieren und bereits vor Vertragsschluss Lösungen für mögliche Probleme zu entwickeln. So bestand ein zentrales finanzielles Risiko für die Mineralölraffinerie darin, dass der Fernwärmeanschlusses durch den späteren Verkauf der Fernwärme gegenfinanziert wird, die erzielbaren Preise jedoch marktabhängigen Schwankungen unterliegen. Durch rechtzeitige Kommunikation konnten Maßnahmen ergriffen werden, um eine langfristige und faire Verteilung dieses Risikos zu gewährleisten.

Weiterhin wurde eine Vereinbarung in den Vertrag mit aufgenommen, dass sämtliche Risiken, die im Laufe des Projekts auftreten, von beiden Partnern zu gleichen Teilen getragen werden. Ebenso werden sämtliche Zusatznutzen hälftig geteilt. Dies führt dazu, dass beide Partner ein gemeinsames Interesse daran haben, Probleme zu lösen, da daraus resultierende Lösungen beiden zugutekommen.

Enger und persönlicher Kontakt zwischen den Projektverantwortlichen für den Aufbau eines Vertrauensverhältnisses

Der langfristige Erfolg eines Projektes kann maßgeblich von dem Aufbau eines vertrauensvollen persönlichen Verhältnisses zwischen den Projektbeteiligten abhängen, gerade wenn eine Vielzahl von Akteurinnen und Akteuren beteiligt sind. Hierbei fördert ein direkter und regelmäßiger Kontakt zwischen den Verantwortlichen die gemeinsame Bewältigung von Herausforderungen sowie die effiziente Entwicklung von Lösungen. Dabei können beispielsweise folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- **Regelmäßige Meetings:** Die Planung von regelmäßigen Treffen fördert den direkten Austausch.
- **Kommunikationsplattform:** Die Einrichtung einer gemeinsamen Kommunikationsplattform wie einer Chatgruppe oder einem Projektmanagement-Tool erleichtert den kontinuierlichen Informationsaustausch.
- **Persönliche Treffen:** Die Nutzung von Gelegenheiten für persönliche Treffen, bspw. bei Workshops oder Besuchen vor Ort, kann dazu beitragen, das Vertrauen und die Zusammenarbeit weiter zu stärken.
- **Klare Kommunikationsrichtlinien:** Die Festlegung klarer Kommunikationsrichtlinien hilft dabei, Missverständnisse zu vermeiden und sicherzustellen, dass alle Beteiligten auf dem gleichen Stand sind.
- **Feedbackkultur:** Die Etablierung einer Feedbackkultur, in der konstruktives Feedback offen ausgetauscht wird, kann dazu beitragen, Verbesserungen voranzutreiben und das Vertrauensverhältnis zu festigen.

Das Projekt ErfMemDekZem zur Abscheidung von CO₂ in der Zementindustrie verdeutlicht den Nutzen eines solchen Vertrauensverhältnisses. Denn trotz einer einjährigen Verzögerung, in der zunächst kein Investor für die Finanzierung der Abscheidungsanlage gefunden werden konnte, wurde das Projekt letzten Endes erfolgreich fortgeführt. In dieser Zeit bestand weiterhin regelmäßiger und enger Austausch zwischen den Projektbeteiligten (CPT, Holcim AG und dem Kompetenzzentrum KEI) und Unterstützung von allen Seiten blieb bestehen. Auch eine 50 %-Förderung durch das KEI blieb in dieser Zeit aufrechterhalten, was das Projekt weiterhin möglich machte.

Auch bei Gebäudesanierungsprojekten ist eine enge und persönliche Zusammenarbeit oft entscheidend für den Erfolg, insbesondere da dabei auch soziale Komponenten, wie z.B. die Akzeptanz der Bewohnerschaft, berücksichtigt werden müssen. Ein anschauliches Beispiel hierfür ist die energetische Modernisierung des Wohnquartiers Margaretenau (MAGGIE), in dem das bereits vorhandene Gemeinschaftsgefühl der genossenschaftlich organisierten Bewohnerschaft eine zentrale Rolle spielte. Die Prinzipien der Genossenschaft von Entscheidungs- und Mitspracherechten stärkten das Vertrauen der Mitglieder in ihre eigene Gemeinschaft, was sich positiv auf die Zusammenarbeit mit externen Partnern auswirkte und für Akzeptanz bei den Bewohnerinnen und Bewohnern sorgte.

Nutzung von digitalen Modellen zur Testung von neuen Lösungen vor der praktischen Umsetzung zur Kostenminimierung

Die Integration digitaler Modelle zur Testung neuer Lösungen stellt eine wertvolle Chance dar, um Projektkosten zu minimieren und die Effizienz zu steigern. Solche Modelle ermöglichen eine präzise Planung, Simulation und Analyse von Projekten, bevor diese in die praktische Umsetzung gehen. Durch digitale Testläufe können potenzielle Risiken frühzeitig identifiziert und minimiert werden, was besonders für neue Technologien von Vorteil sein kann, bei denen noch wenig

praktische Erfahrungen vorliegen. Es ist daher ratsam, bereits in der Planungsphase die Möglichkeiten des Einsatzes digitaler Lösungen und Modelle zu prüfen. Zwar kann die Entwicklung digitaler Modelle anfangs einen Mehraufwand bedeuten, langfristig kann er vor allem bei komplexeren Projekten jedoch erhebliche Kosten- und Effizienzgewinne mit sich bringen.

Bei der energetischen Modernisierung des Margaretenbaus (MAGGIE) wurde ein digitaler Zwilling des Demonstrator Gebäudes erstellt. Dieser Ansatz ermöglichte es, ein KI-gestütztes Steuerungssystem für das hybride Heizsystem mit realen Daten zu testen und anzupassen, bevor es zukünftig möglichst effizient genutzt werden kann. Auch bei der Umsetzung der seriellen Sanierung in Herford kam ein digitaler Zwilling zum Einsatz, in diesem Fall zur präzisen Vermessung der Gebäudehülle. Mit einem 3D-Laserscanning wurden millimetergenaue Daten der zu sanierten Gebäude erfasst, die als die Grundlage für eine passgenaue Vorfertigung der Bauelemente diente. Diese Vorgehensweise gewährleistete eine zügige und reibungslos Installation vor Ort, was den Sanierungsprozess erheblich beschleunigte und die Kosten reduzierte.

Berücksichtigung des bestehenden Know-hows bei der Entwicklung von neuen Lösungen

Bei der Entwicklung neuer Technologien und Ansätzen ist es entscheidend, das vorhandene Knowhow der Beschäftigten und Projektpartner hinsichtlich Arbeitstechniken, Prozesse oder Materialien aktiv miteinzubeziehen. Anstatt bestehende Strukturen vor Ort zu vernachlässigen, sollte bewusst darauf aufgebaut werden, um mögliche Auswirkungen auf Beschäftigte und Arbeitsprozesse zu berücksichtigen. Durch die gezielte Nutzung des bereits vorhandenen Fachwissens und die Einbindung der Mitarbeitenden können Risiken wie Widerstand, Ineffizienz und Fehlinvestitionen minimiert werden. Auch vor dem Hintergrund des zukünftig weiter voranschreitenden Fachkräfte- und Arbeitskräftemangels ist es ratsam das vorhandene Fachwissen der Beschäftigten zu nutzen und durch gezielte Weiterbildungen auszubauen. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sollten dabei frühzeitig in die Entwicklung und Implementierung neuer Technologien einbezogen werden, um einen reibungslosen Übergang zu gewährleisten und das volle Potenzial des bestehenden Fachwissens auszuschöpfen.²¹

Dies zeigen auch die Erfahrungen aus dem Projekt Kalte Nahwärme der Schleswiger Stadtwerke. Im Rahmen des Projektes wurden die bereits bestehenden Fachkräfte für die Installation und Wartung der neuen Wärmepumpen geschult. Dies erhöhte nicht nur die Akzeptanz der neuen Technologie, sondern minimierte auch den Zeitaufwand für die Einarbeitung in die neuen Systeme.

Flexibilität in der Projektentwicklung beim Einsatz neuer Technologien

Die Einführung neuer Technologien erfordert Flexibilität in der Projektentwicklung, um auf unvorhergesehene Ereignisse reagieren zu können. In einer technologisch dynamischen Landschaft ist es entscheidend, Pläne und Strukturen anpassungsfähig zu gestalten, um innovative Lösungen zu fördern. Wichtig ist daher, bestehende Pläne und Annahmen flexibel zu handhaben. Die Fähigkeit zur Anpassung und Neugestaltung von Strukturen ermöglicht es, auf neue Entwicklungen einzugehen, innovative Lösungen zu implementieren und letztendlich die Ziele des Klimaschutzes effektiv zu verfolgen.

Ein prägnantes Beispiel für diese Flexibilität ist das Projekt Sortenreines Metallrecycling durch LIBS-Technologie. Ursprünglich war die Technologie zur Verarbeitung von Stahl konzipiert, was

²¹ Weiterführende Quellen zu Schlüsselkompetenzen für die grüne Transformation: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2023) und Cluster Dekarbonisierung der Industrie (2023)

sich im weiteren Projektverlauf jedoch als wirtschaftlich unrentabel erwies. Daraufhin entschloss sich die OSR GmbH & Co. KG dazu, die Technologie auf Aluminium umzurüsten. Diese Entscheidung erforderte eine flexible Anpassung der Projektziele und -strukturen, was letzten Endes erst zum langfristigen Erfolg beim Einsatz der LIBS-Technologie führte.

Zusammenarbeit mit Inkubatoren, Acceleratoren und Unternehmensnetzwerken

Unternehmen, insbesondere KMU, und öffentliche Einrichtungen wie Energieversorger stehen oft vor Herausforderungen bei der Entwicklung neuer Technologien, wenn es an technischem Knowhow, Marktkennntnissen oder Netzwerken fehlt. Dies erschwert die Umsetzung innovativer Projekte und verzögert die Marktreife neuer Ideen.

Um derartige Hindernisse zu überwinden und Innovationen erfolgreich voranzutreiben, können Unternehmen aktiv die Zusammenarbeit mit Inkubatoren, Acceleratoren oder Unternehmensnetzwerken in Erwägung ziehen. Solche Partnerschaften bieten Zugang zu spezialisierten technologischen Fachkenntnissen, sowie umfangreichen Netzwerken und potenziellen Marktpartnern. Inkubatoren und Acceleratoren können nicht nur technisches Knowhow bereitstellen, sondern auch Verbindungen zu Investorinnen und Investoren sowie relevanten Akteurinnen und Akteuren herstellen, die für die Umsetzung von Klimaschutzprojekten entscheidend sind. Zudem bieten solche Partnerschaften die Möglichkeit, von erfahrenen Mentorinnen und Mentoren sowie Branchenexpertinnen und -experten zu lernen, die Unternehmen auf dem Weg zu nachhaltigen und skalierbaren Lösungen unterstützen.

Ein erfolgreiches Beispiel für die Integration eines Inkubators ist die serielle Sanierung in Herford. Die Deutsche Energieagentur (dena) fungierte hier als Inkubator und spielte eine zentrale Rolle, indem sie die beteiligten Partnerunternehmen vernetzte und den gesamten Prozess von der Konzeption bis zur Umsetzung mit ihrem Know-how unterstützte.

Ein weiteres Beispiel für die Bedeutung regionaler Mittlerstellen zeigt sich im Modellprojekt ZUKUNFT.DE. Dieses Projekt zielte darauf ab, die Elektromobilität in der Paketzustellung flächendeckend zu etablieren und wurde durch die enge Zusammenarbeit mehrerer Bundesländer – Baden-Württemberg, Hamburg und Hessen – realisiert. Die hySOLUTIONS GmbH aus Hamburg – zusammen Vertretern der anderen beiden Bundesländer – spielte dabei eine zentrale Rolle als Vermittler zwischen Wirtschaft und Praxis. Sie sorgten dafür, dass lokale Gegebenheiten angemessen berücksichtigt werden konnten und eine effektive Koordination zwischen den beteiligten Akteuren sichergestellt war. Während der ursprüngliche Umsetzungsschwerpunkt in den drei genannten Bundesländern lag, wurde der Einsatzraum mittlerweile auf das gesamte Bundesgebiet ausgeweitet.

Daneben können auch öffentliche und private Institutionen als Inkubatoren agieren. Dazu gehören beispielsweise die Industrie- und Handelskammern sowie verschiedene Branchenverbände, die häufig Beratungsdienste, Schulungen oder Netzwerkmöglichkeiten für Unternehmen – auch in Hinblick auf die grüne Transformation – anbieten. Regionale Wirtschaftsförderungsgesellschaften können Unternehmen ebenfalls bei der Entwicklung neuer Geschäftsideen und der Suche nach Fördermitteln unterstützen. Schließlich können Universitäten und Forschungseinrichtungen mittels Technologietransfer und Kooperationen wertvolle Ressourcen und Fachwissen bereitstellen.

4.2 Handlungsempfehlungen an Politik und Intermediäre

Ausbau und Förderung von (regionalen) Mittlerstellen, die als Schnittstelle zwischen Politik und Wirtschaft agieren und kompetente Ansprechpartner für Unternehmen sind

Um den Zugang zu Förderstrukturen für Unternehmen zu stärken, ist es ratsam, den Ausbau (regionaler) Mittlerstellen wie Energieagenturen voranzutreiben. Diese Institutionen fungieren als Schnittstellen zwischen Politik und Wirtschaft und bieten kompetente Ansprechpartner für Unternehmen. Diese Empfehlung ergänzt die vorherige Handlungsempfehlung zur „Zusammenarbeit von KMU mit Inkubatoren und Acceleratoren“: Während Unternehmen ermutigt werden, Angebote von Inkubatoren und Acceleratoren aktiv zu nutzen, kann die Politik gleichzeitig diese Angebote erweitern und gezielt fördern.

Dies erscheint umso wichtiger bei multizentrischen Projekten, bei denen verschiedene regionale Akteurinnen und Akteure oder Bundesländer miteinander zusammenarbeiten. In solchen Fällen können regionale Mittlerstellen, wie z.B. Energieagenturen, gezielt auf die lokalen Gegebenheiten und Besonderheiten eingehen und eine effektive Koordination vor Ort zu gewährleisten. Dank ihrer tiefgehenden Vernetzung mit lokalen Akteuren und ihrer Fachkompetenz in Energiefragen sind sie in der Lage, innovative Ansätze zu fördern und Unternehmen bei der Entwicklung und Umsetzung von Pilotprojekten zu unterstützen.

Die erfolgreiche Zusammenarbeit mit Mittlerstellen zeigen, wie in der vorhergehenden Handlungsempfehlung beschrieben, beispielsweise die serielle Sanierung in Herford oder das Modellprojekt ZUKUNFT.DE.

Klare regulatorische Rahmenbedingungen, Anpassung regulatorischer Vorgaben und Normen an die Herausforderungen der CO₂-Emissionsreduzierung in den vier Sektoren

Die regulatorischen Rahmenbedingungen stellen in allen Sektoren ein Hindernis dar, obwohl sie zugleich eine Schlüsselrolle in der Klimatransformation spielen. Eine gezielte und moderne Regulierung hat das Potenzial, wichtige Impulse zu setzen, Innovationen zu fördern und als treibende Kraft für den Wandel zu fungieren. Hingegen können veraltete rechtliche Vorgaben und Normen vielerorts den Fortschritt bremsen.

Beispiele wie die Erfahrungen mit Brand- und Schallschutznormen im Projekt Eisbärhaus, die Auseinandersetzung mit der Energieregulatorik im Projekt SynErgie oder der Mangel an rechtlichen Vorgaben für den Bau von Ladeinfrastruktur wie beim NextLevel Ladepark der EnBW zeigen die Hürden nicht modernisierter Vorgaben auf.

Ein intensiver Austausch mit Pilot- und Forschungsprojekten, wie den genannten Best Practice-Beispielen, kann dabei eine zentrale Rolle spielen. Die dort gesammelten Erfahrungen und das erworbene Know-how bieten wertvolle Einblicke, die bei der Ausarbeitung neuer Vorschriften berücksichtigt werden sollten. Dadurch lassen sich Rahmenbedingungen schaffen, die sowohl den technologischen Fortschritt fördern als auch den Bedürfnissen aller beteiligten Akteurinnen und Akteure gerecht werden.

Ineinandergreifen von Anreizmaßnahmen und Regulierungen sowohl ressortübergreifend als auch zwischen Bund, Ländern und Kommunen

Im Kontext von Verkehrsprojekten zum Ausbau der E-Mobilität im öffentlichen Nahverkehr, wie dem Projekt der Verkehrsgesellschaft Ludwigslust-Parchim, wird deutlich, dass die erfolgreiche

Umsetzung der Elektromobilität ein eng abgestimmtes Zusammenspiel von verschiedenen Akteuren und Akteuren sowie Instrumenten erfordert. Eine zentrale Herausforderung besteht in der Koordination zwischen den verschiedenen Zuständigkeiten von Bund, Ländern und Kommunen. Während der Bund oft die rechtlichen Rahmenbedingungen setzt und größere Infrastrukturprojekte fördert, sind die Kommunen für die Umsetzung vor Ort verantwortlich. Sie spielen eine wichtige Rolle bei der Bereitstellung von Flächen für Ladestationen und der Beteiligung an lokalen Förderprogrammen.

Eine weitere Herausforderung liegt in der komplexen Verflechtung von Anreizen und Regulierungen, die eine sorgfältige Gestaltung erfordert, um mögliche Widersprüche zu vermeiden. Hohe Kaufprämien für Elektrofahrzeuge könnten beispielsweise durch eine unzureichende Ladeinfrastruktur entwertet werden. Gleichzeitig könnten strenge Regulierungen, die eine hohe Dichte an Ladestationen vorschreiben, ohne entsprechende finanzielle Anreize für Investorinnen und Investoren oder Kommunen zu schaffen, zu einer langsamen Umsetzung führen. Daher ist eine abgestimmte Planung und Zusammenarbeit unerlässlich, um Synergien zu nutzen und Doppelarbeit zu vermeiden. Zusätzlich zu einer effektiven Koordination zwischen den verschiedenen Ebenen sowie Akteurinnen und Akteuren ist es wichtig, regelmäßige Evaluierungen und Anpassungen der Maßnahmen vorzunehmen, um sicherzustellen, dass die gesetzten Ziele erreicht werden.

Die Notwendigkeit eines Ineinandergreifens von Anreizmaßnahmen und Regulierungen ist nicht nur im Verkehrssektor von Bedeutung, wie das Kopernikus-Projekt SynErgie zur Flexibilisierung der Energienachfrage aufzeigt. Eine zentrale Herausforderung der Energieflexibilisierung liegt nämlich darin, das volatile Angebot erneuerbarer Energien mit der stabilen Energienachfrage der Industrie in Einklang zu bringen. Gleichzeitig fördern bestehende Regulierungen oft einen konstanten Energieverbrauch, was es für Unternehmen weniger attraktiv macht, ihre Prozesse an die Schwankungen im Energieangebot anzupassen. Damit die Energieflexibilisierung also erfolgreich gelingen kann, bedarf es nicht nur technologischer Innovationen, sondern auch einer Anpassung der regulatorischen Rahmenbedingungen, die den Unternehmen entsprechende Anreize zu bieten, ihre Produktionsprozesse flexibel zu gestalten.

Gestaltung einer verständlichen, unbürokratischen und sicheren Förderungslandschaft

Zusätzlich zur Überprüfung und Modernisierung regulatorischer Rahmenbedingungen ist eine verständliche, unbürokratische und sichere Förderungslandschaft entscheidend. Nur so kann das Potenzial von Förderprogrammen voll ausgeschöpft und damit die grüne Transformation wirksam beschleunigt werden.

Die vorgestellten Beispiele zeigen, dass zahlreiche Projekte nur mit der Unterstützung von finanziellen Fördermaßnahmen erfolgreich umgesetzt werden konnten. Insbesondere bei innovativen und neuartigen Vorhaben bestehen häufig erhebliche Unsicherheiten in Bezug auf den technologischen und wirtschaftlichen Erfolg. In solchen Fällen können Fördermaßnahmen entscheidend dazu beitragen, Risiken zu mindern und die Entwicklung sowie Skalierung neuer Anwendungen zu fördern. Bei bereits fortgeschrittenen Technologien helfen Förderungen, die höheren Kosten im Vergleich zu herkömmlichen Lösungen auszugleichen, was wiederum deren Marktdurchdringung beschleunigt.

Ein zentrales Element für den Erfolg dieser Fördermaßnahmen ist die Gestaltung der Antragsverfahren. Einige Beispiele haben nämlich auch gezeigt, dass komplexe Antragsverfahren eine erhebliche Hürde darstellen, den Zugang zu Fördermitteln erschweren und die Effizienz der Förderungen mindern. Daher ist es von großer Bedeutung die Antragsverfahren verständlich, unbürokratisch und transparent zu gestalten. Eine solche Förderlandschaft erleichtert nicht nur den

Zugang zu diesen Mitteln, sondern fördert auch die breite Beteiligung von Unternehmen, Organisationen und Kommunen an nachhaltigen Projekten. Eine klare und einfache Antragstellung ermöglicht es potenziellen Antragstellerinnen und Antragstellern, die Voraussetzungen und Prozesse besser zu verstehen und somit gezielt von den Förderprogrammen zu profitieren.

Absicherungsinstrumente für den Umgang mit erhöhtem Risiko von Innovations- und Pionierprojekten etablieren

Instrumente zur Risikoabsicherung können sich insbesondere bei Projekten als nützlich erweisen, die hohe Anfangsinvestitionen erfordern und mit hohen finanziellen oder operativen Unsicherheiten verbunden sind. Diese Unsicherheiten können beispielsweise aus technologischen Risiken, aber auch regulatorischen Veränderungen oder Marktpreisschwankungen resultieren und dazu führen, dass potenzielle Verluste von Investoren als zu hoch eingestuft werden. Durch die Bereitstellung von finanzieller Sicherheit können gezielte Absicherungsinstrumente wie Finanzierungsmodelle oder Garantien und Bürgschaften, das Risiko für Investoren mindern, was wiederum deren Bereitschaft erhöht, in solche Projekte zu investieren.

Der Einsatz solcher Instrumente hätte auch im Fall der Stadtwerke Karlsruhe den Vertragsabschluss zwischen den Stadtwerken und der Mineralö Raffinerie vereinfachen können. Beispielsweise, in dem das Risiko der Finanzierung des Fernwärmeanschlusses durch den Verkauf der starken Marktpreisschwankungen unterliegenden Fernwärme durch Absicherungsinstrumente verringert worden wäre.

Vor diesem Hintergrund besteht auch ein Bedarf, bereits bestehende Absicherungsinstrumente, wie Förder- oder Bürgschaftsprogramme (vorübergehend) anzupassen. Zusätzlich können neue Absicherungsinstrumente entwickelt werden, die gezielt auf die spezifischen Risiken der Klimawende abzielen. Hierzu gehören etwa innovative Versicherungslösungen oder spezielle Risikofonds, die Verluste abfedern und Investitionen auch in unsicheren Märkten ermöglichen.

Mut und Flexibilität bei der Förderung von Pilotprojekten und neuen Technologien

Mehrere Gesprächspartnerinnen und -partner äußerten den Wunsch nach mehr Mut und Flexibilität von Seiten der Politik bei der Unterstützung neuer Pilotprojekte. Besonders im Kontext der Erprobung innovativer Technologien, die auf experimentelle Methoden setzen, wird eine offene Haltung der politischen Entscheidungsträgerinnen und -träger gefordert. Eine starre Anwendung bewährter Modelle könnte die Experimentierfreude und die Möglichkeit, aus Fehlern zu lernen, behindern. Um den Erfolg solcher Projekte zu fördern, kann es sinnvoll sein, spezifische Förderprogramme zu entwickeln, die eine agile Anpassung der Projektstrukturen ermöglichen.

Ein unterstützendes Element könnte die Einführung von Experimentierklauseln in der Gesetzgebung sein. Diese könnten es Pilotprojekten ermöglichen, von den üblichen regulatorischen Anforderungen abzuweichen, solange sie innerhalb bestimmter, klar definierter Rahmenbedingungen operieren. Dadurch können neue Ideen schneller getestet und umgesetzt werden, ohne dass die üblichen bürokratischen Hürden den Fortschritt hemmen. In diesem Kontext spielen Reallabore eine entscheidende Rolle, die als praxisnahe Testumgebungen für innovative Technologien und Konzepte fungieren. Reallabore bieten die Möglichkeit, neue Ideen unter realen Bedingungen zu erproben und dabei sowohl Chancen als auch Herausforderungen unmittelbar zu erkennen. Diese Labore sind entscheidend für die Validierung von Innovationen, da sie es ermöglichen, theoretische Konzepte in der Praxis zu testen und anzupassen.

Die aktive Unterstützung und Förderung solcher Reallabore können den Raum geben, ihre Ergebnisse und Erkenntnisse zu transferieren. Die Politik hat bereits entsprechende Angebote für Reallabore geschaffen, um diese praxisnahen Testumgebungen zu unterstützen und Innovationen im Bereich des Klimaschutzes sowie in anderen gesellschaftlichen Bereichen voranzutreiben. Ein Beispiel dafür ist das Reallabor zur Integration von Großwärmepumpen in Fernwärmenetze, das vom BMWK gefördert wird. In diesem Reallabor wird die Einbindung von Großwärmepumpen in bestehende Fernwärmesysteme erprobt, wie bspw. im Fernwärmenetz von Köpenick-Friedrichshagen. Hier werden nicht nur technische Machbarkeiten überprüft, sondern auch die praktischen Auswirkungen auf die CO₂-Einsparungen und die Effizienz des Gesamtsystems untersucht.

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei solchen Pilotprojekten ist der bewusste Umgang mit der Unsicherheit, die oft mit der Einführung neuer Technologien einhergeht. Das Beispiel von SALCOS® zeigt, wie herausfordernd es sein kann, Akzeptanz für ein Investitionsprojekt zu schaffen, dessen Vorteile und wirtschaftliche Attraktivität erst in der Zukunft spürbar werden. Die hohen Anfangsinvestitionen und Produktionskosten, wie sie bei der wasserstoffbasierten Stahlherstellung anfallen, können zunächst wie ein Hemmschuh wirken. Hier können externe Treiber, wie der europäische Emissionshandel, als Katalysator genutzt werden, um den notwendigen Wandel anzustoßen.

Um solche Innovationen zu fördern, braucht es politisch und wirtschaftlich unterstützende Rahmenbedingungen, die auch langfristig angelegte, kostenintensive Projekte wie SALCOS® ermöglichen. Flexiblere Förderprogramme und Reallabore, kombiniert mit einem strategischen Umgang mit externen Treibern, können dazu beitragen, dass diese Technologien trotz anfänglicher Hürden langfristig erfolgreich und wirtschaftlich tragfähig werden.

Anhang

Übersicht über die Zukunftstechnologien²²

Gebäude

- In Bezug auf den Neubau, die Sanierung und den Erwerb von Gebäuden mit Standort innerhalb der EU
- Erneuerbar erzeugte Fernwärme
- Elektrische Wärmepumpen
- Verbesserte Gebäudedämmung
- Beleuchtung
- Energie-Effizienz (Lüftungssysteme und Klimatisierung)
- Serielles Sanieren
- Building Information Modeling

Energie

- Windkraft Onshore und Offshore
- Photovoltaik (PV, inkl. Batteriespeicher als Hybride Kraftwerke)
- Sonnenwärmekraftwerke (Concentrated Solar Power, CSP)
- Wasserkraft- und Gezeitenkraftwerke
- Geothermische Kraftwerke
- Kraftwerke zur Stromerzeugung aus nachhaltiger Biomasse
- Stromspeicher (wie bspw. Batterien zur Integration)

Verkehr

- Batterie-elektrische Antriebe
- Wasserstoff-Antriebe
- Oberleitungs-Lkw
- Biokraftstoffe & eFuels
- Verkehrsverlagerung
- Effizienz

Industrie

- Verwendung von biogenen Rohstoffen
- Elektrolyse/grüner Wasserstoff
- Elektrifizierung & Ökostrom
- Verwendung von Energie- und Umweltmanagementsystemen
- Regenerative Wärmequellen
- Kohlenstoffabscheidung und -speicherung/-und -verwendung (CCS/U)
- Elektrolichtbogenofenverfahren
- Wasserstoffbasierte Direktreduktionsverfahren
- Energieeffizienz (Wärmerückgewinnung bzw. Abwärmenutzung)
- Recycling bzw. Kreislaufwirtschaft

²² Quellen: KfW (2023) & Bundesstelle für Energieeffizienz (2023)

Interview Leitfaden

Best Practice Klimaschutz – Interviewleitfaden



Name des Gesprächspartners	
BP-Beispiel	
Funktion des Gesprächspartners	
Interviewer	

1. Verifizierung der Kurzbeschreibung

Vielen Dank, dass Sie sich die Zeit für dieses Interview nehmen. Unser Ziel ist es, einen umfassenden Einblick in Ihr Klimatransformationsprojekt zu erhalten, insbesondere hinsichtlich der Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und Potenziale der Zusammenarbeit mehrerer Akteure.

Bevor wir mit den detaillierten Fragen beginnen, möchten wir sicherstellen, dass die **Kurzbeschreibung Ihres Projekts**, die wir Ihnen vorab zugesandt haben, **korrekt und vollständig** ist.

Bitte überprüfen Sie die Beschreibung und teilen Sie uns eventuelle Änderungen oder Ergänzungen mit.

2. Was waren aus Ihrer Sicht die Hauptfaktoren, die Ihr Projekt so erfolgreich gemacht haben?
3. Sind während der Planung oder Umsetzung des Projekts bestimmte Herausforderungen aufgetreten? Bitte unterteilen Sie diese in sektorspezifische oder projektspezifische Herausforderungen.
4. Wie sind Sie mit diesen Herausforderungen umgegangen? Was waren dabei Lösungsansätze, die zur Bewältigung der Herausforderungen beigetragen haben?
5. Wie finanziert sich Ihr Projekt und wie betrachten Sie die Wirtschaftlichkeit des gesamten Projektes?
6. Wie gestaltete sich die Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure in Ihrem Projekt? Welche Vorteile und Herausforderungen ergaben sich aus dieser Zusammenarbeit für dieses Projekt?
7. Haben Sie einen Praxistipp für zukünftige Vorhaben, die sich an Ihrem Projekt ein Beispiel nehmen wollen? Welche konkreten Empfehlungen hätten Sie für Entscheidungsträger*innen in Politik und Wirtschaft, um den Klimaschutz voranzutreiben?

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

Impressum

Best Practice Klimaschutz

Beispiele für erfolgreiche Projekte zur Umsetzung von Klimaschutz in Deutschland

Herausgeber

Prognos AG
Goethestraße 86
10623 Berlin
E-Mail: info@prognos.com
www.prognos.com
www.linkedin.com/company/prognos-ag

Autorinnen und Autoren

Dietzsch, Nico
Draeger-Gebhard, Johanna
Lorenz, Stina Marie
Münch, Claudia
Natascha von Pentz

Kontakt

Claudia Münch (Projektleitung)
Telefon: +49 30 52 00 59-265
E-Mail: claudia.muench@prognos.com

Satz und Layout: Prognos AG
Stand: Dezember 2024
Copyright: 2024, Prognos AG

Alle Inhalte dieses Werkes, insbesondere Texte, Abbildungen und Grafiken, sind urheberrechtlich geschützt. Das Urheberrecht liegt, soweit nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, bei der Prognos AG. Jede Art der Vervielfältigung, Verbreitung, öffentlichen Zugänglichmachung oder andere Nutzung bedarf der ausdrücklichen, schriftlichen Zustimmung der Prognos AG

Zitate im Sinne von § 51 UrhG sollen mit folgender Quellenangabe versehen sein: Prognos AG/Weitere Bearbeiter (Erscheinungsjahr): Titel der Studie Best Practice Klimaschutz