



Das Schaufenster für intelligente Energie

aus dem Nordosten
Deutschlands 2017 – 2020

#WindNODEJahrbuch2020



Gefördert durch:

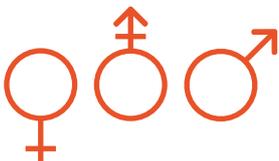


aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

2020 Inhaltsverzeichnis

WindNODE-Jahrbuch 2020

Editorial	08
Labortagebuch 2017–2020	10
Die WindNODE-Modellregion	16
Zahlen, Daten und Fakten	16
Die Bundesländer	20
Die Partner	32
Ergebnissynthese – unsere Handlungsfelder	34
Flexibilitäten identifizieren	37
Flexibilitäten aktivieren	42
Energiesystem digitalisieren	46
Reallabor entwickeln	50
EXKURS: Die regulatorische Experimentierklausel SINTEG-V	55



WindNODE ist ein pluralistisches Projekt – auch und gerade mit Blick auf die mitwirkenden und angesprochenen Personen. Für uns zählen Menschen, unabhängig von ihrem Geschlecht. Den Autorinnen und Autoren des WindNODE-Jahrbuchs liegt daher eine durchgehend geschlechterneutrale Sprache am Herzen, um die wir uns nach bestem Vermögen bemüht haben.

Die Arbeitspakete	60
 IKT-Vernetzungsplattform	60
 Flexible Erzeugung und Regionalkraftwerk	72
 Effiziente Betriebskonzepte für Stromnetze	84
 Vernetzter Endkunde	100
 Marktdesign und Regulierung	116
 Neue Flexibilitätsoptionen: Sektorkopplung	128
 Industrielle Lastverschiebepotenziale	154
 Quartierskonzepte und Smart City	174
 Partizipation und Dissemination	190
Die besuchbaren Orte	212
WindNODE weltweit	216
Unser Antrieb	218
Special Feature: Energie und Gesellschaft	220
Energy meets Art	224
Energie und Kunst – Visionen einer gelungenen Energiewende	234
Perspektivwechsel auf die Energiewende	236
e-stories – elektrizität, energie & literatur	240
artwork.earth	244
10 Fragen und Antworten zu WindNODE	246
Publikationen	256
Abkürzungsverzeichnis	260
Glossar und Bildnachweise	261
Impressum	262

**Zoom-in**

Das detaillierte
Inhaltsverzeichnis
der Teilarbeitspakete
finden Sie in der
Übersicht auf der
Folgeseite. →



Zoom-in

Übersicht der Teilarbeitspakete (TAP) und der beteiligten Verbundpartner

	1 IKT-Vernetzungsplattform	60 – 71
TAP 1.1	Basisdienste für die Vernetzung im digitalisierten Energiesystem	Fraunhofer FOKUS 62
TAP 1.2	Innovative Prozessplattform	50Hertz, Stromnetz Berlin, WEMAG Netz 66
TAP 1.3	Open Data Portal	Stromnetz Berlin, Fraunhofer FOKUS 68
TAP 1.4	Markt- und Verbraucherplattform	Pumacy Technologies 70
	2 Flexible Erzeugung und Regionalkraftwerk	72 – 83
TAP 2.1	Zukunftsspeicher Energiewende – Systemdienstleistungen der Energiewende	Belectric 74
TAP 2.2	Regionalkraftwerk Uckermark	ENERTRAG, Fraunhofer IEE, Reiner Lemoine Institut 76
TAP 2.3	Grenzüberschreitende Systemintegration	Stadwerke Frankfurt (Oder) 80
TAP 2.4	Kommunales Energiemanagementsystem (KEMS) in Cottbus	IBAR Systemtechnik, BTU Cottbus-Senftenberg, HKWG Cottbus 82
	3 Effiziente Betriebskonzepte für Stromnetze	84 – 99
TAP 3.1	Echtzeitlabor Energiewende	TU Berlin 86
TAP 3.2	SMART Capital Region: optimierte Prognose- und Laststeuerverfahren im Smart Grid	BTU Cottbus-Senftenberg, Stromnetz Berlin, WEMAG Netz 88
3.3	Komponenten für den optimierten Netzbetrieb ...	
TAP 3.3b	Dynamische Blindleistung, 110-kV-Ebene	WEMAG Netz 90
TAP 3.3c	Cable Earth für 110-kV-Kabeltrassen	TU Berlin 94
TAP 3.3d	Must-Run-Kapazitäten bei WindNODE	Universität Rostock 96
TAP 3.3e	Online-Messtechnik für Ortsnetzstationen	Stromnetz Berlin 98
	4 Vernetzter Endkunde	100 – 115
TAP 4.1	Orchestrierung von Flexibilitäten am Markt und als neue Dienstleistung	Energy2market, Fraunhofer FOKUS 102
TAP 4.2	Steuerung und Vermarktung von Flexibilität in einer Unternehmensgruppe mit Einzelhandel und Produktion	Green Cycle (Lidl, Kaufland, MEG) 104
TAP 4.3	Anwendungsszenarien intelligenter Messsysteme (iMSys) bei SLP-Kunden	Bosch.IO, Stromnetz Berlin, devolo, Fraunhofer IEE 106
TAP 4.4	Erzeugungsprognosen für Solar- und Windanlagen mittels Smart-Meter-Echtzeitdaten	Solandeo 110
TAP 4.5	Steuerbare Lasten in Haushalten und Smart-Home-Anbindung	devolo, Bosch.IO 112
TAP 4.6	EE-Stalker – netzdienliche Schwarmschaltung in der Niederspannung	Stromnetz Berlin, Bosch.IO 114
	5 Marktdesign und Regulierung	116 – 127
TAP 5.1	Bewertung der Gesamtsystemeffizienz	TU Berlin, Siemens 118
TAP 5.2a	Neues Marktdesign und Ausgestaltung der „gelben Ampel-Phase“	IKEM 120
TAP 5.2b	Neues Marktdesign und Ausgestaltung der „gelben Ampel-Phase“	Universität Leipzig 122
TAP 5.3	Geschäftsmodelle im digitalen Raum	TU Berlin 126

 6 Neue Flexibilitätsoptionen: Sektorkopplung		128 – 153
6.1	Elektromobilität und Batteriespeicher ...	
TAP 6.1a	Gesteuertes Laden bei einer batteriegetriebenen Nutzfahrzeugflotte	Berliner Stadtreinigung (BSR), Berliner Wasserbetriebe (BWB) 130
TAP 6.1b	Netz- und systemdienliche Ladestrategien für batteriebetriebene Busse im ÖPNV	Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) 134
TAP 6.2	PtC-Anwendungen (Power-to-Cold) im Industriemaßstab	ILK (Dresden) 136
6.3	PtH-Anwendungen (Power-to-Heat) für ...	
TAP 6.3a	Dezentrale Kleinanlagen – Windspeicher statt Nachtspeicher	WEMAG Netz 140
TAP 6.3c	Versorgung des EUREF-Areals mit kombinierter PtH/PtC	GASAG Solution Plus, Stromnetz Berlin 144
TAP 6.3d	Großmaßstäbliche Systemintegration von Power-to-Fernwärme in Berlin	Vattenfall Wärme Berlin 148
TAP 6.3e	Industrieabwärme und PtH in der Fernwärmeversorgung zur Lastflexibilisierung im Stromnetz	Stadtwerke Hennigsdorf 152
 7 Industrielle Lastverschiebepotenziale		154 – 173
TAP 7.1	»ZIEL« – Algorithmen und Methoden für ein zukunftsfähiges intelligentes Energie- und Lastmanagement	Fraunhofer IWU, DECKEL MAHO, Karosseriewerke Dresden 156
TAP 7.2	Intelligentes industrielles Lastmanagement in Berlin	Siemens 158
TAP 7.3	Lastverschiebepotenziale in der energieintensiven Industrie	Fraunhofer IFF 160
TAP 7.4	Marktintegration industrieller Flexibilitäten per Schnittstelle zwischen Energiecontrolling und Vermarktungsplattformen	ÖKOTEC Energiemanagement 164
TAP 7.5	Lastverschiebepotenziale in der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung	Berliner Wasserbetriebe (BWB) 166
TAP 7.6	Kombinierte Anwendung einer Batteriefarm für Netzdienstleistungen und intelligente energetische Steuerung eines großindustriellen Fertigungsstandortes	BMW 168
TAP 7.7	Innovatives Energiedrehkreuz Lausitz	BTU Cottbus-Senftenberg, LEAG* 172
 8 Quartierskonzepte und Smart City		174 – 189
TAP 8.1a	Modellregion Zwickau/Quartier Marienthal	Westfälische Hochschule Zwickau (WHZ), SenerTec, Zwickauer Energieversorgung 176
TAP 8.1b	WindNODE-Energiecockpit – Energiewende sichtbar machen	enersis europe 178
TAP 8.2	Modellregion Berlin/Quartier Prenzlauer Berg	Borderstep Institut, Dr. Riedel Automatisierungstechnik, TU Berlin 180
TAP 8.3	Modellregion Dresden/kommunale Lastverschiebepotenziale	Landeshauptstadt Dresden 184
TAP 8.4	Vergleich und Transfer von Quartierskonzepten	Lumenion* 188
 9 Partizipation und Dissemination		190 – 211
TAP 9.1	WindNODE-Showroom Energiewende	50Hertz 192
TAP 9.2	WindNODE Live! – das begehbare Inhaltsverzeichnis	Berlin Partner, TU Berlin 194
TAP 9.3	WindNODE Challenge – Energiewende als Gemeinschaftsprojekt	Berlin Partner, Borderstep Institut 198
TAP 9.4	WindNODE: Internationale Vernetzung und Benchmarking	Berlin Partner, Energy Saxony 200
TAP 9.5	Strom zum Begreifen	Stromnetz Berlin, TU Berlin 202
TAP 9.6	Stadtwerke als Innovationsmultiplikatoren im intelligenten Energiesystem	ASEW 206
TAP 9.7	Normung und Standardisierung im intelligenten Energiesystem	DIN 208
TAP 9.8	Die Nutzerperspektive: Akzeptanz und Partizipation	TU Berlin 210

* Assoziierter Partner.

A large offshore wind turbine stands in the foreground, its white tower and nacelle with red accents. The turbine is mounted on a yellow steel jacket. In the background, several other wind turbines are visible on the horizon. The sky is a clear blue, and the water is dark blue with some ripples. Two large, semi-transparent shapes, one orange and one teal, overlap the background behind the turbine.

**WindNODE
richtet den Blick
in eine Zukunft,
in der unser
elektrischer
Energiebedarf
vollständig aus
erneuerbaren
Quellen gedeckt
wird.**

#WindNODE-Jahrbuch 2020

Editorial

Deutschland hat sich einen doppelten Ausstieg vorgenommen – bis 2022 wird das letzte Kernkraftwerk abgeschaltet, bis spätestens 2038 das letzte Kohlekraftwerk. Derweil wird bereits fast die Hälfte des deutschen Stromverbrauchs aus Erneuerbaren gedeckt, in der WindNODE-Region im Nordosten Deutschlands sogar schon annähernd zwei Drittel. Für die nächste Stufe der Energiewende liegen nun große Fragen vor uns: Wie können wir perspektivisch 100 Prozent Erneuerbare, vornehmlich aus Windkraft und Photovoltaik, sicher und effizient ins Energiesystem integrieren? Gelingt uns die Dekarbonisierung auch in den fossil geprägten Anwendungen von Mobilität, Wärme und Industrie – Stichwort: Sektorkopplung? Wie kann dabei der regulatorische Rahmen wieder zum Katalysator der Energiewende werden? Und welche Rolle spielt bei alledem die Digitalisierung?

WindNODE ist angetreten, Musterlösungen für das Energiesystem der Zukunft zu entwickeln. Vier Jahre lang, von 2017 bis Anfang 2021, haben über 70 Partner aus sechs Bundesländern in ganz Ostdeutschland und Berlin zusammengearbeitet. Wir haben energie- und informationstechnische, wirtschaftliche, rechtliche und gesellschaftliche Perspektiven eng miteinander verknüpft. Unser Fokus galt dabei der Hebung von Flexibilitäten, dem Gedanken „Nutzen statt Abregeln“, um unseren Stromverbrauch möglichst intelligent auf Erneuerbare einzustellen. Zugleich haben wir mit WindNODE das größte Reallabor Nordostdeutschlands geschaffen – ein agiles Netzwerk von Hunderten Expertinnen und Experten. Es lädt Menschen zum Dialog und zum Mitmachen ein, und es wirkt als weithin sichtbarer Werbeträger für die Kompetenzen unserer Energieregion. Es bietet Gestaltungsfreiräume dank regulatorischer Experimentierklausel. Und nicht zuletzt ist es ein Mutmacher, der uns an die Chancen der Energiewende erinnert – für Innovation, neue Arbeitsplätze und Export.

WindNODE endet inmitten der weltweiten Covid-19-Pandemie. Mit derselben Entschlossenheit, mit der unsere Gesellschaft auf die Corona-Krise reagiert hat, gilt es nun, die europäischen und deutschen Klimaschutzziele anzugehen und den Anteil der Erneuerbaren am Stromverbrauch in den kommenden Jahren auf 100 Prozent zu steigern. Daran werden wir auch nach dem formalen WindNODE-Ende voller Leidenschaft weiterarbeiten. Denn der Weg zu 100 Prozent Erneuerbaren ist nicht nur ein Gebot der ökologischen Nachhaltigkeit, sondern zugleich handfeste Industriepolitik für den Innovationsstandort Deutschland.

Erfolg hat viele Mütter und Väter. Unser Dank gebührt allen voran dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), welches mit dem Programm „Schaufenster Intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende (SINTEG)“ unsere Arbeit ermöglicht hat. Der Projektträger Jülich (PtJ) stand uns in allen förderrechtlichen Fragen ebenso professionell wie partnerschaftlich zur Seite. Bei den sechs beteiligten Bundesländern, deren Regierungschefs und zuständige Fachministerinnen und -minister die Schirmherrschaft von WindNODE übernommen haben, bedanken wir uns herzlich für die Unterstützung und den wertvollen Dialog. Bei WindNODE waren über 400 Menschen in die Projektarbeit eingebunden – manche mit ihrer vollen Arbeitskraft, manche mit punktueller Expertise. Unser Dank für die gute Zusammenarbeit geht an sie alle. Ein großer Dank richtet sich schließlich an die Mitglieder des Lenkungskreises und an die Arbeitspaketkoordinatoren, die sich ehrenamtlich und mit vollem Einsatz für WindNODE engagiert haben. Für 50Hertz war es eine großartige und sehr bereichernde Aufgabe, dieses Verbundprojekt mit so zahlreichen Projektpartnern und Stakeholdern zu koordinieren und die Gesamtprojektleitung von WindNODE zu übernehmen – zwar unter dem Dach der 50Hertz, aber als unabhängige Einheit im Dienste des gemeinsamen Projekts.

Wir laden Sie nun herzlich ein, uns und unsere Projektergebnisse zu entdecken – und auch gerne nach dem Projektende mit uns im Gespräch zu bleiben.



Biermann

Dr. Dirk Biermann
Geschäftsführer 50Hertz/
Verbundkoordination

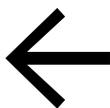


Markus Graebig

Markus Graebig
Gesamtprojektleiter
WindNODE

Labortagebuch: Reallabor für die 2. Phase der Energiewende

Gut vier Jahre lang, vom 1. Januar 2017 bis zum 31. März 2021, haben wir bei WindNODE an Musterlösungen für die Energiewende gearbeitet und unserem Reallabor Form und Sichtbarkeit gegeben. Hinzu kommen zwei Jahre der Projektentwicklung in 2015/16. Im „Labortagebuch“ zeichnen wir ausgewählte, wichtige Meilensteine der Projektarbeit nach. Unsere umfangreichen internationalen Aktivitäten präsentieren wir separat, auf S. 216 unter „WindNODE weltweit“.



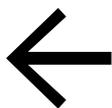
UNSERE MEILENSTEINE

2020

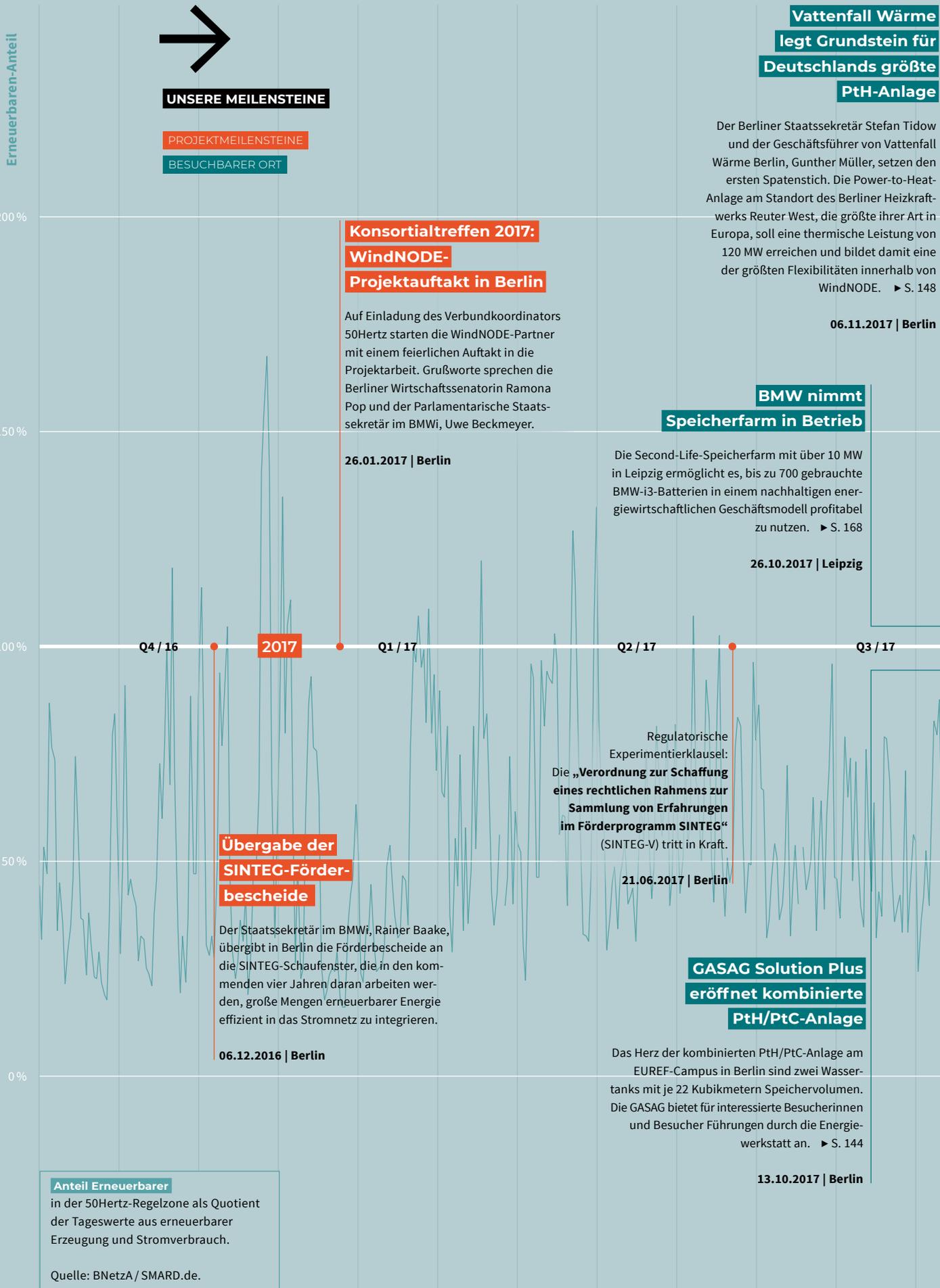
2019

2018

2017



UNSERE MEILENSTEINE



Eröffnung der Schaufensterfiliale von Lidl

Die Berliner Wirtschaftssenatorin Ramona Pop eröffnet die Lidl-Schaufensterfiliale. Dort ist neben einem 100-kW/250-kWh-Batteriespeicher zur Erprobung netzdienlicher Verhaltensweisen auch ein interaktives 3D-Modell zu sehen, das über die zukünftige Funktionsweise der Filialtechnik informiert. ▶ S. 104

10.04.2018 | Berlin

Konsortialtreffen 2018: intelligente Energiewende made in Nordostdeutschland

Am Chemiestandort Leuna reflektieren rund 200 Teilnehmerinnen und Teilnehmer das erste Projektjahr und die Meilensteine für die künftige Arbeit. Diskussionsbeiträge leisten u. a. die Ministerin für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt, Prof. Dr. Claudia Dalbert, sowie der Minister für Wirtschaft und Energie des Landes Brandenburg, Albrecht Gerber.

14.–15.03.2018 | Leuna

Smarte Energiewende: WindNODE wird „Ausgezeichneter Ort im Land der Ideen 2018“

Aus knapp 1.500 Bewerbungen wählt eine unabhängige Jury WindNODE als eines von 100 Projekten für die Auszeichnung aus.

04.06.2018 | Berlin

SINTEG-Jahreskonferenz 2018

In den Räumen des BMWi findet die SINTEG-Jahreskonferenz mit Beiträgen aus allen Schaufenstern statt.

05.–06.06.2018 | Berlin

Lumenion, Gewobag und Vattenfall Wärme geben Startschuss für Hochtemperatur-Stahlspeicher. ▶ S. 188

23.09.2018 | Berlin

Q4 / 17

2018

Q1 / 18

Q2 / 18

Q3 / 18

Q4 / 18

Eröffnung des „WindNODE-Showroom Energiewende“ bei 50Hertz

Mit der Ausstellung bei 50Hertz sollen Besucher und Besucherinnen einen Einblick in die Herausforderungen der Energiewende aus technisch-physikalischer Sicht bekommen. In diesem Zusammenhang soll auch ein Zugang zu den Aufgaben und Herausforderungen eines Übertragungsnetzbetreibers vermittelt werden. ▶ S. 192

30.11.2017 | Berlin

Startschuss für „WindNODE Live!“

Der Berliner Staatssekretär Christian Rickerts und der Geschäftsführer von Berlin Partner, Dr. Stefan Franzke, eröffnen die Wanderausstellung, in der Besucherinnen und Besucher die Herausforderungen, Forschungsfragen und Lösungsansätze aus den WindNODE-Teilprojekten kennenlernen. ▶ S. 194

12.02.2018 | Berlin

Die Westsächsische Hochschule Zwickau beginnt Feldtests im Ortsteil Marienthal. ▶ S. 176

24.05.2018 | Zwickau

Eröffnung des Netzsimulators von GridLab als besuchbarer Ort

Der Netzsimulator von GridLab ermöglicht den Besucherinnen und Besuchern Einblicke in die Netz- und Systemführung, in den Stress- und Störbetrieb und die Simulation eines Netzwiederaufbaus. ▶ S. 122

09.03.2018 | Schönefeld

Zwickauer Energieversorgung (ZEV) errichtet intelligente Trafostation und innovativen Batteriespeicher im Ortsteil Marienthal. ▶ S. 176

26.06.2018 | Zwickau

Eröffnung des „Industry Energy Hub“ im Virtual Development and Training Centre (VDTc)

Die strategische Planung und der intelligente Betrieb technischer Anlagen erfordern eine allumfängliche Dimensionierung, Überwachung und Steuerung multipler Energiemedien. Dieses wird in der innovativen Multi-Sektor-Leitwarte des Fraunhofer IFF Interessierten demonstriert. Industrielle Flexibilität beliebiger Standorte können dadurch wirtschaftlich optimal erschlossen, modelliert und nutzbar gemacht werden. ▶ S. 160

20.06.2018 | Magdeburg

Start des Testbetriebs der WindNODE- Flexibilitätsplattform

50Hertz, e.dis, ENSO NETZ, Stromnetz Berlin und WEMAG Netz starten den Testbetrieb der WindNODE-Flexibilitätsplattform. Anbieter flexibler Erzeugung oder Abnehmer von Strom können Angebote mit regionalem Bezug abgeben. Wenn Netzbetreiber Engpässe in ihren Netzen erwarten, können sie die kostengünstigsten regional passenden Gebote annehmen. Verteilungsnetzbetreiber und der Übertragungsnetzbetreiber stimmen sich dabei ab. ▶ S. 66

20.11.2018 | Berlin

Konsortialtreffen 2019

Mehr als 150 Teilnehmerinnen und Teilnehmer kommen in Zwickau zusammen und ziehen eine Zwischenbilanz. Nach 24 Monaten Grundlagen- und Entwicklungsarbeit ist nun eine „Zeit der Ernte“ angebrochen, zahlreiche Teilprojekte haben spannende Ergebnisse vorzuweisen. Der Sächsische Staatsminister für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr, Martin Dulig, eröffnet die Veranstaltung.

19.–20.03.2019 | Zwickau

Eröffnung des besuchbaren Orts „Netzpufferspeicher“ Stadtwerke Hennigsdorf

Der neue, rund 1.000 Kubikmeter fassende Wärmespeicher ist Teil der „Hennigsdorfer Wärmedrehscheibe“, welche das Ziel hat, die Fernwärmeversorgung zu 80 Prozent auf klimaneutrale Erzeugung umzustellen. ▶ S. 152

28.08.2019 | Hennigsdorf

Eröffnung der Ausstellung ENERGY IN MOTION des WindNODE-Partners TU Berlin

Die Energy in Motion informiert auf 300 m² über Energie, spricht mit fünf Themeninseln mit Hörstationen, Filmen und interaktiven Angeboten alle Sinne an und zeigt spannende, wichtige und oft überraschende Fakten und Zusammenhänge. ▶ S. 210

18.06.2019 | Berlin

Besuchbarer Ort jetzt auch bei Stromnetz Berlin

Am Standort Eichenstraße haben Besucherinnen und Besucher die Möglichkeit, eine aufgebaute Ladeinfrastruktur mit über 30 Pkw-Stellplätzen anzuschauen und zu besichtigen. ▶ S. 205

03.09.2019 | Berlin

2019

Q1 / 19

Q2 / 19

Q3 / 19

Q4 / 19

Besuchbarer Ort ZUKUNFTSRAUMENERGIE

Im ZUKUNFTSRAUMENERGIE von Siemens können Besucherinnen und Besucher mit interaktiven Szenarien selbst ausprobieren, welchen Beitrag Fertigungsprozesse leisten können, um mehr erneuerbare Energie in das Energiesystem zu integrieren, oder was sinnvoll ist, um das Energiesystem der Zukunft zu optimieren. ▶ S. 158

14.05.2019 | Berlin

1. Lausitz-Konferenz Strukturwandel und Energiewende – Gemeinsam für die Exzellenzregion Lausitz

Rund 200 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Gesellschaft kommen in Schwarze Pumpe (Spremberg) zu einem Austausch über den Weg der Lausitz zur europäischen Modellregion für erfolgreiche Strukturentwicklung zusammen. Zehn Unternehmen, darunter die WindNODE-Partner 50Hertz, enersis, ENERTRAG, IBAR Systemtechnik, das ILK, Vattenfall und Lumenion, übergeben den Brandenburger Ministern, Prof. Dr. Steinbach (Wirtschaft, Arbeit und Energie) und Dr. Martina Münch (Wissenschaft, Forschung und Kultur), das Lausitz-Memorandum für Nachhaltigkeit, Innovation und Arbeitsplätze.

09.09.2019 | Spremberg

Eröffnung des „KEMS – Kommunales Energiemanagementsystem“ als besuchbarer Ort

Das kommunale Energiemanagementsystem widmet sich der intelligenten Vernetzung von Energieerzeugung und -verbrauch sowie dem Einsatz innovativer Netztechnologien und Netzbetriebskonzepte. ▶ S. 82

30.11.2018 | Berlin

ENERTRAG nimmt den Windwärmespeicher im Brandenburger Energiedorf Nechlin in Betrieb

Bei Nechlin erzeugen 17 Windenergieanlagen jährlich etwa 70 Millionen Kilowattstunden emissionsfreien Strom. An besonders windreichen Tagen wird mehr Energie erzeugt, als eingespeist werden kann, sodass die Anlagen mehrmals monatlich abgeregelt werden müssen. Wie der Windwärmespeicher in Nechlin zeigt, kann dieser Strom aber sinnvoll vor Ort zur Wärmeerzeugung genutzt werden. ▶ S. 76

06.03.2020 | Nechlin

Stadtwerke Frankfurt (Oder) eröffnen Heizkraftwerk und Wärmeübertragungsstation als besuchbare Orte

Auf Basis ihrer Erfahrung im Betrieb von Erzeugungsanlagen und grenzüberschreitender Fernwärmeversorgung mit der polnischen Nachbarstadt Stubice entwickeln die Stadtwerke Frankfurt (Oder) IT-Lösungen für eine vollautomatische Steuerung aller erforderlichen Prozesse in den Erzeugungsanlagen. So wird eine optimale Fahrweise der Erzeugungsanlagen und somit die bestmögliche Nutzung der erneuerbaren Energie gewährleistet. Dieses können Besucherinnen und Besucher an den beiden besuchbaren Orten nachvollziehen. ▶ S. 80

13.08.2020 | Frankfurt (Oder)

2020

Q1 / 20

Q2 / 20

Q3 / 20

Q4 / 20

Zeit

Eröffnung besuchbarer Ort „Versuchsquartier Prenzlauer Berg“

In einem Berliner Wohnquartier aus den 1960er-Jahren wurde eine Lösung für die Energiewende entwickelt. Durch Gebäudeautomation wird der Einsatz erneuerbarer Energie und zugleich die Energieeffizienz in Gebäuden erhöht. Die Ergebnisse zeigen den Besucherinnen und Besuchern, dass bei gleichbleibendem Wohnkomfort durch flexibles Verhalten ein wichtiger Beitrag zur Verringerung der CO₂-Emissionen im Gebäudesektor geleistet werden kann. ▶ S. 180

06.11.2019 | Berlin

„Best-Practice-Manual Flex Identifizieren!“ wird veröffentlicht

Mit dem „Best-Practice-Manual Flex Identifizieren!“ leisten die WindNODE-Partner einen praxisorientierten Beitrag zur Diskussion über den Einsatz von Flexibilitäten für die Energiewende.

Das Manual legt den Fokus auf die individuellen Identifikations- und Nutzungsmöglichkeiten von Flexibilität und fasst die WindNODE-Ergebnisse zur Identifikation von Flexibilitätpotenzialen zusammen. ▶ S. 41

24.08.2020 | Berlin

WindNODE- Synthesebericht „Flexibilität, Markt, Regulierung“ wird veröffentlicht

Darin zeigen die Partner ihre Erfahrungen, wie Flexibilität vermarktet werden kann. Besonderer Fokus liegt auf der innovativen WindNODE-Flexibilitätsplattform für marktbasierendes Netzengpassmanagement. Auch die Erfahrungen mit der regulatorischen Experimentierklausel SINTEG-V werden ausgetestet. ▶ S. 46

16.11.2020 | Berlin



1866

Werner von Siemens entdeckt das dynamoelektrische Prinzip.



1938

Konrad Zuse stellt die Z1 vor, einen mechanischen Rechner.



Tradition verpflichtet

Die Geschichte der modernen Energieversorgung begann vor rund 150 Jahren inmitten der heutigen WindNODE-Region. Werner von Siemens legte mit der Präsentation seines elektrischen Generators hier die Grundlage für den Durchbruch der Elektrifizierung. Etwa 70 Jahre später stellte Konrad Zuse in unserer Region den ersten funktionstüchtigen Computer der Welt vor. Und heute läuft beides in der „Digitalisierung der Energiewirtschaft“ zusammen, in einer traditionsreichen Energieregion, die zugleich eine der lebhaftesten Start-up-Szenen Europas hat. Die WindNODE-Region ist und bleibt Energiepionier.

Erfahrung mit Transformation

Vor 30 Jahren begann in unserer Region das wohl spannendste Kapitel deutscher Nachkriegsgeschichte – die politische „Wende“. Wie in kaum einer anderen Region haben die Menschen hier Erfahrung damit, was Transformationsprozesse bedeuten – und wie man sie, allen Widrigkeiten zum Trotz, zum Erfolg führt. Auch die „Energie-Wende“ (siehe e-stories, S. 240) bringt tiefgreifende Transformationsprozesse mit sich.

Die Modellregion: Pionier für Energie und Wende

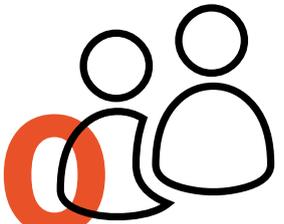
Zahlen, Daten, Fakten

In der WindNODE-Region zwischen der Ostsee und dem Thüringer Wald leben über 16 Millionen Menschen. Alle Wertschöpfungsstufen, Netzebenen, Marktrollen und Akteure eines kompletten elektrischen Energiesystems sind hier vertreten und an WindNODE beteiligt. Mit über 60 Prozent Anteil Erneuerbarer am Stromverbrauch – überwiegend aus den volatilen Quellen Wind und Sonne – ist die Region in dieser Größe ein einzigartiger Pionier der Energiewende und erlaubt bereits heute einen Blick in die Zukunft unseres Energiesystems.

108.946 km²
 Fläche

16,2 Mio.
 Einwohner

ca. 87.000



Vollzeitbeschäftigte im Bereich erneuerbare Energie (Stand 2016)

WindNODE arbeitet in einem Umfeld, das bereits heute von Herausforderungen wie dem Strukturwandel in der Lausitz und im Mitteldeutschen Revier, Akzeptanzfragen für Windparks und Netzausbau sowie Diskussionen mit den „elektrischen Nachbarn“ Polen und Tschechien um sogenannte „Loop Flows“ geprägt wird.

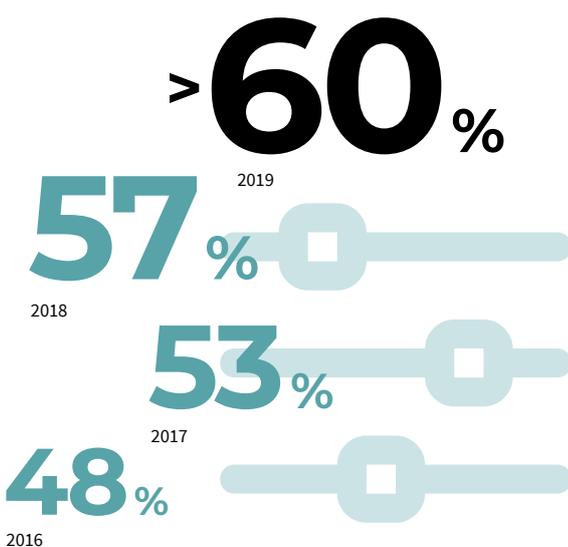
Im Jahr 2018 betrug die Einspeisung erneuerbarer Energie 54,8 TWh und machte innerhalb weniger Jahre einen großen Sprung vorwärts im Vergleich zu 2016 mit 46,0 TWh.*

- Biomasse
- Windenergie an Land
- Windenergie auf See
- Solaranlagen
- Sonstiges
- Wasserkraft



Sicher mit Wind und Sonne

Die WindNODE-Region deckt über die Hälfte ihres Stromverbrauchs aus erneuerbarer Erzeugung. Der grüne Strom stammt zu allergrößten Teilen aus volatilen Quellen (Sonne und insbesondere Wind), die von Tageszeit und Wetter abhängen und nicht steuerbar sind. Gleichzeitig – und dennoch – genießen die Stromverbraucher unserer Region auch bei Dunkelflaute oder Starkwindfront eine Versorgungssicherheit der weltweiten Spitzenklasse.



Bilanzieller Anteil erneuerbare Energie am Stromverbrauch von 2016 bis 2019 in der 50Hertz-Regelzone*.

Versorgungssicherheit

Wie zuverlässig die Stromversorgung in einem Land ist, verrät der sogenannte System Average Interruption Duration Index (SAIDI). Der SAIDI gibt an, wie viele Minuten der Strom je Letztverbraucher im Jahr durchschnittlich ungeplant ausgefallen ist. Deutschland belegt hier traditionell einen Spitzenplatz.

SAIDI in Minuten



* Bezieht sich auf die 50Hertz-Regelzone (inklusive Hamburg). Die WindNODE-Region umfasst die neuen Bundesländer und Berlin.
 Quellen: Bundesnetzagentur, Statistisches Bundesamt, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung, 50Hertz, Council of European Energy Regulators.



Eine Region als Energiewendeprototyp

Die WindNODE-Region verfügt über ideale Voraussetzungen, Lösungen für die Herausforderungen der Energiewende zu erarbeiten, deren Anwendung die Energiewende auch andernorts voranbringen kann: Die Modellregion umfasst die gesamte Regelzone des Übertragungsbetreibers 50Hertz (mit Ausnahme von Hamburg) und vereint darin alle Ebenen und Akteure eines kompletten, großflächigen Energiesystems. Dünn besiedelte Gegenden, die über üppige Windkraftkapazitäten verfügen, treffen auf urbane Lastzentren.



1,81 **1,94** **2,06**
 2016 2017 2018

Verhältnis installierter erneuerbarer Leistung zur Spitzenlast*

Das heißt, Erneuerbare könnten im theoretischen Fall optimalen Wind- und Sonnendargebots mehr als das Doppelte der Jahreshöchstlast in der Modellregion abdecken. Dieser Wert wird in der Praxis zwar nie erreicht, aber im Januar 2019 konnte in der 50Hertz-Regelzone ein neuer Rekord aufgestellt werden: Erstmals speisten Windkraftanlagen über 16 GW Leistung zeitgleich ein.

16 GW

Spitzenlast*

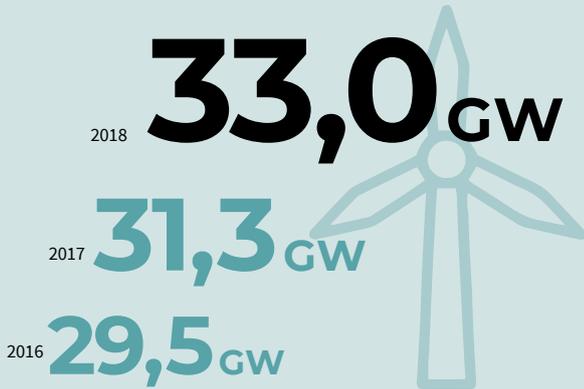
Zeitgleich entnehmen alle Verbraucher in der Region zusammen maximal ca. 16 GW elektrische Leistung aus dem Netz. Die Region war zu über 100 Prozent aus Windkraft versorgt.

Großhandelspreise 2015–2020 in der 50Hertz-Regelzone am Spotmarkt	2015	2016	2017	2018	2019	2020**
Stunden mit negativen Preisen	110	97	146	134	211	236
Tage mit vorkommenden negativen Preisen	25	19	24	25	39	37
Phasen mit mindestens 6 Stunden negativen Preisen	12	7	12	10	18	23



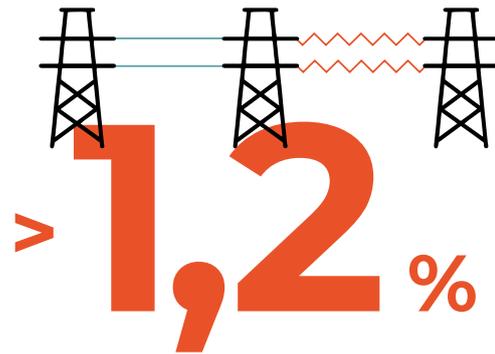
* Bezieht sich auf die 50Hertz-Regelzone (inklusive Hamburg). Die WindNODE-Region umfasst die neuen Bundesländer und Berlin. ** Daten bis Juli 2020.

Quellen: Bundesnetzagentur, 50Hertz, ENTSO-E.



installierte Leistung aus Erneuerbaren

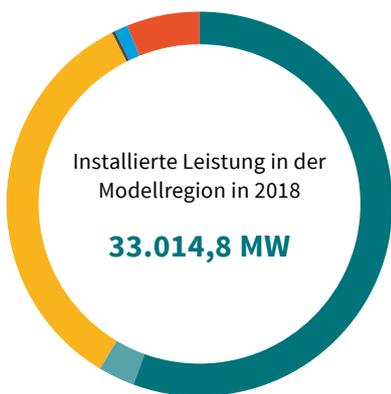
Das ist die Summe der installierten Leistung aller erneuerbaren Anlagen (laut EEG) in der Region von 2016 bis 2018.



der Gesamterzeugung aus erneuerbaren Energien mussten 2018 gemäß § 13.2 EnWG aufgrund physikalischer Limitationen im Netz (Netzengpässe) abgeregelt werden. Dabei blieben 686 GWh elektrischer Energie ungenutzt.

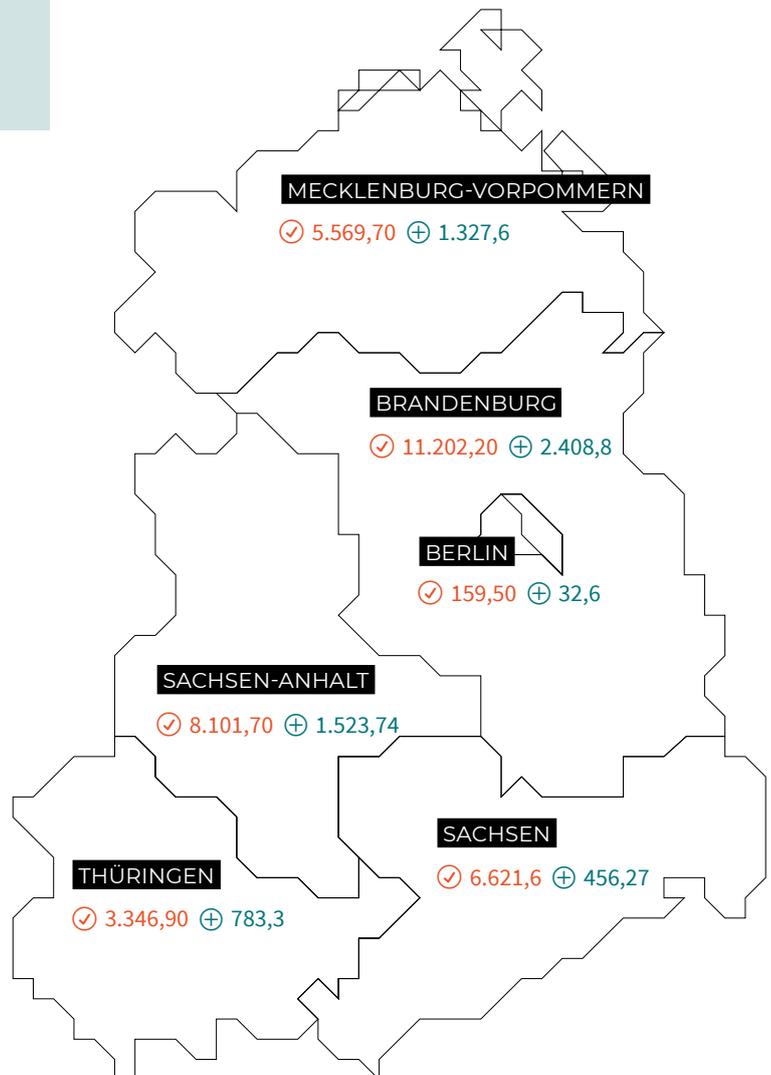
Ein Blick in die Zukunft des Energiesystems

Der hohe Anteil an schwankender Einspeisung bringt die Stromnetze regelmäßig an ihre Belastungsgrenzen und macht häufige Eingriffe des Übertragungsnetzbetreibers erforderlich: eine Herausforderung, der sich auch andere Regionen in Zukunft öfter stellen müssen. Die Stärke von WindNODE erwächst damit auch aus der Einzigartigkeit der Region, in der die Energiezukunft in vielerlei Hinsicht schon Gegenwart ist.



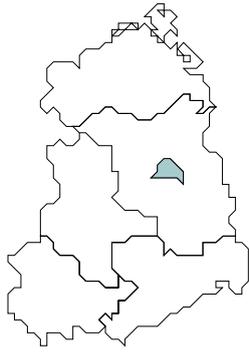
- Biomasse
- Solaranlagen
- Windenergie an Land
- Sonstiges
- Windenergie auf See
- Wasserkraft

► **Erneuerbar bedeutet volatil:** In der Modellregion dominieren Wind und Sonne die Einspeisung von erneuerbarer Energie. Anteile der installierten Leistung nach Technologie im Jahr 2018.



► **Gedämpftes Wachstum:** Installierte Leistung erneuerbarer Quellen in der Modellregion im Jahr 2018.

✔ Installierte Leistung (MW)
⊕ Netto-Zubau aufaddiert von 2015 bis 2018 (MW)



Berlin – Energiewende in der Hauptstadt



„Das länderübergreifende Konsortialprojekt WindNODE macht zu Recht deutlich, dass die Energiewende nur im Schulterschluss der Regionen gelingen kann: Intelligente, erneuerbare Erzeugung und flexibler, aber verlässlicher Verbrauch sind die Eckpfeiler unserer starken, zukunftsfähigen Energieregion.“

Michael Müller
Regierender Bürgermeister von Berlin

Mit dem Berliner Energiewendegesetz hat sich Berlin das ambitionierte Ziel gesetzt, bis spätestens 2050 klimaneutral zu sein. Der Wandel zu einer dezentralen, flexiblen, auf erneuerbaren Energien basierenden, sicheren und sozialverträglichen Energieversorgung in Berlin steht dabei im Mittelpunkt. Hierbei werden Strom, Wärme und Mobilität zusammengedacht und die Bürger durch bezahlbare Energie und Mitsprache am Erfolg beteiligt. Einen wichtigen Beitrag dazu leistet die rasch voranschreitende Dekarbonisierung der Energieversorgung:

- Die Braunkohleverstromung wurde in Berlin bereits 2017 beendet. Der Ausstieg aus der Steinkohle, bei Gewährleistung der Versorgungssicherheit, erfolgt bis spätestens 2030.
- Die „Machbarkeitsstudie Kohleausstieg und nachhaltige Fernwärmeversorgung Berlin 2030“ zeigt auf, wie die Wärmeversorgung in

Berlin bis 2030 transformiert werden kann. Statt Kohle werden dann innovative, emissionsarme Technologien wie hybride KWK- und Biomasseanlagen, industrielle Abwärme sowie Wärmepumpen genutzt, um Berlin mit Wärme zu versorgen. In einem ersten Schritt wurde als Teil von WindNODE bereits Europas größte Power-to-Heat-Anlage in Betrieb genommen. Diese 120-MW-Anlage nutzt überschüssigen Windstrom zur Bereitstellung nachhaltiger Wärme in Berlin.

- Das Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm strebt einen Solarstromanteil von 25 Prozent an der Stromversorgung in Berlin an. Um dieses Ziel zu erreichen, haben Experten und Wissenschaftler in einem umfangreichen Stakeholderprozess den „Masterplan Solarcity“ erarbeitet. Der Masterplan führt die Solarpotenziale von Berlin auf und schlägt Maßnahmen vor, um die Potenziale

Klimaneutral bis spätestens



Solarstromanteil von
25 Prozent in Berlin bis 2050



▲ Vision der Karl-Marx-Allee, Berlin, im Jahr 2035.

zu heben, wie beispielsweise die Stärkung von Marktakteuren und Initiativen, den Abbau von Barrieren sowie zielgruppenspezifische Beratungs- und Informationsangebote.

→ Neben einer Vielzahl innovativer Energiedienstleister und Energietechnikunternehmen sind die neu aufgestellten Berliner Stadtwerke Impulsgeber für eine verstärkte solare Nutzung der Berliner Dachflächen, insbesondere von öffentlichen Liegenschaften.

Berlin ist zugleich verlässlicher und innovativer Energieverbraucher, mit einem Umland, in dem die Stromerzeugung aus Erneuerbaren den Strombedarf häufig überschreitet. Die Metropole trägt mit intelligenten, energietechnischen Lösungen für die angebots- und bedarfsgerechte Verteilung – u. a. durch Speicher, Lastflexibilisierung und Sektorkopplung, beispielsweise auch durch die Elektrifizierung des urbanen Verkehrs – zum Gelingen der Energiewende in der gesamten Region entscheidend bei.

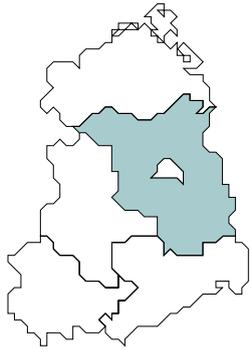
Kompetenzträger des Clusters Energietechnik Berlin-Brandenburg aus der Energiewirtschaft und Energietechnik sowie aus Wissenschaft und Forschung waren maßgebliche Initiatoren des überregionalen WindNODE-Konsortiums. Die technischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Herausforderungen der Energiewende, wie beispielsweise die intelligente Steuerung des Energiesystems, sollten über Ländergrenzen hinaus kooperativ angegangen werden. Der Senat von Berlin unterstützt den Ansatz des WindNODE-Konsortiums ausdrücklich, eine Vielzahl spezifischer Energiewendeprojekte von der erneuerbaren Erzeugung über die Verteilung bis hin zur innovativen Nutzung intelligent miteinander zu verzahnen. Durch das WindNODE-Projekt wird die technische und wirtschaftliche Machbarkeit der Energiewende demonstriert.

📍 Weitere Infos unter:
www.berlin.de/sen/energie



„Ich bin froh, dass wir durch WindNODE spannende Energiewendeorte in der Stadt haben, die anschaulich machen, wie Städte durch Digitalisierung, Sektorkopplung und Partizipation einen entscheidenden Beitrag zum Gelingen der Energiewende leisten.“

Ramona Pop
Bürgermeisterin von Berlin und Senatorin für
Wirtschaft, Energie und Betriebe



Brandenburg treibt die Energiewende weiter voran



„Für uns in Brandenburg als einem der führenden Länder beim Ausbau der erneuerbaren Energien muss die Energiewende zwingend auf die nächste Stufe gehoben werden. Das Projekt WindNODE hat in den letzten Jahren viele neue Erkenntnisse und innovative Lösungen im Bereich der Sektorkopplung erarbeitet. Diese müssen wir jetzt großflächig in die Umsetzung bringen, damit die Energiewende gelingt.“

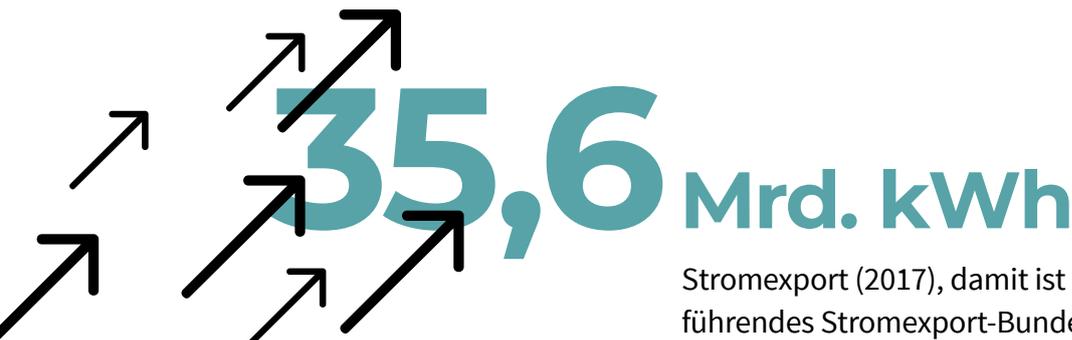
Dr. Dietmar Woidke
Ministerpräsident des Landes Brandenburg

Der Begriff „Energiewelt Brandenburg“ ist vielen bekannt. Oft wird er aber einseitig mit der historisch gewachsenen Industriekultur um den einheimischen Energieträger Braunkohle und mit der Raffinerie in Schwedt in Verbindung gebracht. Die Uckermark und die Lausitz gelten daher seit jeher als Energielieferanten für unsere Volkswirtschaft. Bereits seit der Jahrtausendwende sind beide Regionen – neben anderen wie der Prignitz oder dem Havelland – aber auch führende Energieregionen beim Ausbau der erneuerbaren Energien.

Die Uckermark mit ihren Energiewendepionieren rund um die Firma ENERTAG ist dabei vorneweg. Schließlich ging in Prenzlau bereits 2011 das weltweit erste Hybridkraftwerk, welches Windenergie, Elektrolyse und Batterie nutzt, in Betrieb. Und kürzlich wurde der Wind-Wärme-Speicher in Nechlin eröffnet.

Aber auch in der Lausitz gibt es nicht nur die „alte“ Energiewelt. In Sachen Windkraft hat die Planungsregion Lausitz-Spreewald mit rund 1.700 MW installierter Leistung im Land Brandenburg die Führungsposition inne. Dies entspricht ca. einem Viertel der im gesamten Land installierten Windkraftleistung. Bei der Photovoltaik liegt der Anteil der Planungsregion ebenfalls bei rund einem Viertel.

Das sind zwar gute Voraussetzungen für die Energiewende, jedoch darf man die Herausforderungen, vor denen das Land Brandenburg steht, nicht ignorieren. Und diese Herausforderungen begründen sich nicht nur aus dem beschlossenen Ausstieg aus der Braunkohle, sondern insbesondere auch aus der hohen installierten Leistung an fluktuierenden erneuerbaren Energien. Zudem war die Energiewende in Deutschland bisher im Wesentlichen auf den



Stromexport (2017), damit ist Brandenburg führendes Stromexport-Bundesland



Stromsektor fokussiert. Über 53 Prozent des Endenergiebedarfs in 2018 in Deutschland entfallen allerdings auf den Wärmesektor, der weitgehend nicht elektrisch gedeckt wird, sowie rund 39 Prozent auf mechanische Energie, zu der neben industriellen Antrieben speziell der Mobilitätssektor zählt. Die Energiewende kann nur erfolgreich umgesetzt werden, wenn eine weitgehende Reduktion der CO₂-Emissionen nicht nur im Stromsektor, sondern auch in der Mobilität und in der Wärme gelingt.

Deshalb setzt sich Brandenburg seit Jahren dafür ein, dass aus der bisher als „Stromwende“ betriebenen Energiewende endlich eine echte, energieträger- und sektorübergreifende Energiewende wird. Bereits 2012 hat Brandenburg deshalb die Sektorkopplung in seiner Energiestrategie 2030 verankert. Denn die Sektorkopplung ist unerlässlich für den Erfolg der Energiewende und mehr Klimaschutz. Zudem bieten die Sektorkopplung mit ihren Power-to-X-Technologien und der Auf-

bau einer Wasserstoffwirtschaft enorme Chancen für unsere Energieregion. Power-to-X-Technologien, die aus erneuerbarer Energie grünen Wasserstoff erzeugen, können der Schlüssel für den Erfolg der Energiewende sein. Denn grüner Wasserstoff ermöglicht die Kopplung der Sektoren Strom, Wärme, Verkehr und kann damit auch Lösungen für eine CO₂-arme Industrie bieten. Vor dem Hintergrund der großen industriepolitischen Chancen setzt sich Brandenburg dafür ein, innovative Technologien und neue Energieversorgungskonzepte für die Industriestandorte auf Basis von erneuerbaren Energien im Land umzusetzen. Das kann zusätzliche regionale Wertschöpfung und Beschäftigung bedeuten – also genau das, was für eine erfolgreiche Strukturentwicklung in der Lausitz dringend benötigt wird und wovon das ganze Land profitieren kann.

📄 Weitere Infos unter:

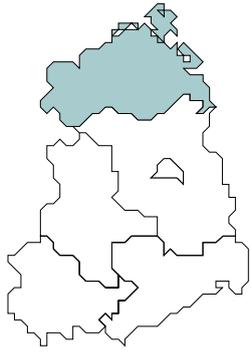
<https://mwae.brandenburg.de/de/energiestrategie-2030/bb1.c.478377.de>

▲ Im Ortsteil Feldheim der brandenburgischen Stadt Treuenbrietzen wurde ein nachhaltiges und innovatives Gesamtkonzept für eine dezentrale regenerative Energieversorgung von Unternehmen, Privathaushalten und Kommunen verwirklicht.



„Ohne weitreichende Sektorkopplung und Energiespeicherung wird Deutschland sein energiepolitisches Ziel, die Reduzierung der Treibhausgase bis 2050 um 80–95 Prozent, nicht erreichen. Wasserstoff hat das Potenzial, ein Schlüsselement der Energiewende zu sein. Daher brauchen wir schnell einen Markt für erneuerbaren Wasserstoff. Denn nur mit tragfähigen Geschäftsmodellen werden die Investitionen ausgelöst, die wir für den Hochlauf einer Wasserstoffproduktion jetzt brauchen.“

Prof. Dr. Jörg Steinbach
Minister für Wirtschaft und Energie
in der Landesregierung Brandenburg



Energie aus Mecklenburg-Vorpommern



„Wir in Mecklenburg-Vorpommern gehören zu den Vorreitern in Deutschland bei der Erzeugung von erneuerbarer Energie und bei technischen Innovationen in diesem Wachstumsmarkt. Das ist eine Erfolgsgeschichte, die wir fortsetzen wollen. Ich hoffe sehr, dass sich durch die Erkenntnisse aus WindNODE die erneuerbaren Energien künftig noch effizienter ins Energiesystem integrieren lassen.“

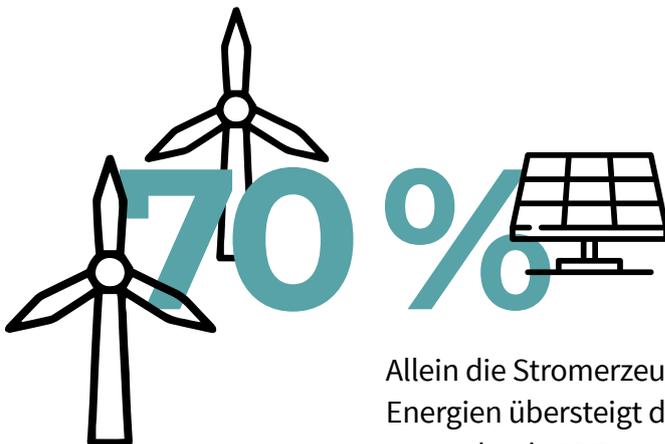
Manuela Schwesig
Ministerpräsidentin des Landes Mecklenburg-Vorpommern

Eine zentrale Säule der Energiewende im Land Mecklenburg-Vorpommern ist der Ausbau der erneuerbaren Energien. Als erstes Bundesland decken wir unseren Strombedarf bereits seit 2013 rechnerisch aus erneuerbare Energie.

Eines unserer wichtigsten Anliegen ist, dass die saubere Energie, die wir erzeugen, auch vollständig genutzt wird. Nur dann wird der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien die nötige öffentliche Akzeptanz finden. Deshalb ist neben der Entwicklung von Speichertechnologien die Nutzung des Stroms durch Umwandlung und Verwendung im Verkehr, in Gebäuden für Wärme sowie Warmwasser und in der Industrie als

Alternative zur Energiespeicherung unverzichtbar für die Energiewende.

Wir wollen die Verknüpfung dieser verschiedenen Sektoren voranbringen. Diese sogenannte Sektorkopplung eröffnet den Weg, Wirtschaftswachstum und Klimaschutz miteinander zu verbinden und die Energiewende ganzheitlich umzusetzen. Ein Schlüsselement für diese Nutzung des Stroms in anderen Bereichen stellt Wasserstoff dar: Dieser kann in allen Sektoren zum Einsatz kommen und Energie zwischen den Sektoren transferieren. Um die Entwicklung von Wasserstoff als Energieträger der Zukunft zu befördern, haben wir mit den



Allein die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien übersteigt den Strombedarf im Land um mehr als 70 Prozent.



▲ Windpark in Mecklenburg-Vorpommern.



„Die Nutzung des sauber erzeugten Stroms durch Umwandlung und Verwendung im Verkehr, in Gebäuden für Wärme sowie Warmwasser und in der Industrie als Alternative zur Energiespeicherung ist unverzichtbar für die Energiewende. Es braucht die intelligente Verknüpfung aller Sektoren, um ein flexibles Verhältnis zwischen Energieangebot und -nachfrage zu schaffen. Das Projekt WindNODE hat hier einen wichtigen Beitrag geleistet.“

Christian Pegel

Minister für Energie, Infrastruktur und Digitalisierung
des Landes Mecklenburg-Vorpommern

anderen norddeutschen Bundesländern die Norddeutsche Wasserstoffstrategie entwickelt. Ziel ist es, in Norddeutschland eine umfassende Wasserstoffwirtschaft aufzubauen. Für einen Durchbruch von Wasserstoff- und Sektorkopplungstechnologie sehen wir jedoch Weiterentwicklungsbedarf bei den regulatorischen Rahmenbedingungen. Um die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für eine Nutzung von Strom im Wärme-, Verkehrs-, Industrie- und Chemiebereich zu verbessern, haben wir Vorschläge für eine Experimentierklausel vorgelegt.

Einen weiteren wichtigen Umbruch in der Energiewirtschaft bringt die Digitalisierung mit sich: durch das erforderliche Management von großen Datenströmen aus Einspeisung, Smart Metering und durch das Automatisieren von Prozessen.

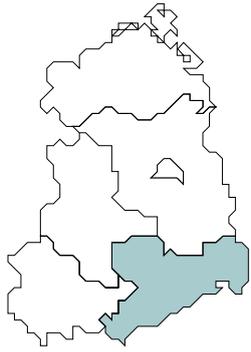
Für Mecklenburg-Vorpommern als Land mit einer starken Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen ist es ein wesentliches Ziel der

Energiepolitik, die Wertschöpfung aus der regenerativen Energieerzeugung weiter auszubauen. WindNODE, eine gemeinsame Schaufensterregion, welche die Last- und Erzeugungszentren Nordostdeutschlands mit intelligenten Regionalstromkonzepten verbindet, war daher für uns besonders spannend. Durch die Umsetzung innovativer Pilotprojekte konnte gezeigt werden, wie die Energiewende umfassend und nachhaltig in allen Sektoren gelingen kann.

Für das Gelingen der Energiewende bedarf es auch weiterhin einer engen Zusammenarbeit aller Beteiligten: der Verbraucher, der Wirtschaft, der Politik, der Verbände und nicht zuletzt der Experten aus Forschung und Entwicklung. Gemeinsam wollen wir die Energiewende umsetzen.

⊕ Weitere Infos unter:

[www.regierung-mv.de/
Landesregierung/em/Energie/](http://www.regierung-mv.de/Landesregierung/em/Energie/)



Energiewende in Sachsen



„WindNODE hat gezeigt, dass der Einsatz von Speichern und die Netzintegration von erneuerbaren Energien zu einer sicheren Energieversorgung beitragen. Jetzt ist es erforderlich, im Energiebereich das Abgaben- und Umlagesystem grundlegend zu überarbeiten. Nur so können wir das Ziel einer preiswerten und wettbewerbsfähigen Energieversorgung erreichen.“

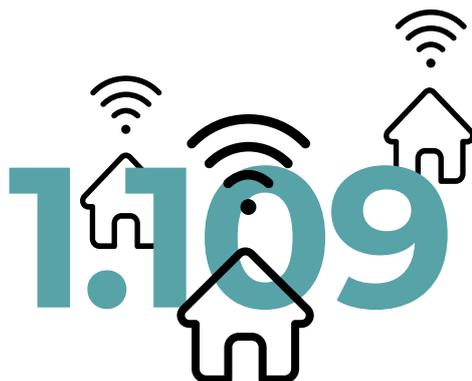
Michael Kretschmer
Ministerpräsident des Freistaats Sachsen

Sachsen soll Energieland bleiben! Dazu gehört die Versorgung mit bezahlbarem und nachhaltig erzeugtem Strom. Im ganzen Land herrscht bei den Themen Klimaschutz und Energie eine gesellschaftliche Aufbruchsstimmung, was schnelle und sehr konkrete Handlungen vor allem von der Politik erfordert. Die Energiewende ist eine historische, eine Generationenherausforderung.

Der Freistaat Sachsen hat sich im aktuellen Koalitionsvertrag für die nächsten fünf Jahre viel vorgenommen. Die Ziele sind bewusst ambitioniert. Bis spätestens 2038 wird Sachsen aus der Kohleverstromung aussteigen, bis 2050 soll die Treibhausgasneutralität erreicht werden.

Vor allem in den Braunkohlerevieren ergeben sich mit dem Wandel auch Chancen, neue Technologien und Geschäftsmodelle – nicht nur im Energiesektor – einzusetzen und so langfristig den Wohlstand in der Region zu sichern. Erste positive Ergebnisse sind bereits sichtbar.

Der Ausbau der erneuerbaren Energien im Land wird beschleunigt, der Freistaat wird mit seinen eigenen Liegenschaften und seinem Fuhrpark eine Vorbildrolle einnehmen. Das Energie- und Klimaprogramm des Freistaats wird 2020 fortgeschrieben und damit zur Leitplanke für die zukünftige Energie- und Klimapolitik auf Landesebene. Die Ergebnisse aus WindNODE fließen in diesen Prozess ein.



an ein intelligentes Energiesystem
angeschlossene Wohneinheiten



Vor allem in den Bereichen „Quartierskonzepte“ und „Verschieben von (industriellen) Lasten“ haben die sächsischen Projektpartner ihre Innovationsstärke in WindNODE gezeigt und ihr Know-how eingebracht. Dabei profitieren sie vom branchenübergreifenden Austausch zwischen Wirtschaft und Forschung innerhalb des Schaufensters. Die „besuchbaren Orte“ machen am realen Markt teilnehmende Anlagen erlebbar und zeigen die Zukunft des Energiesystems. Vom Batteriespeicher in Leipzig über die „E³-Forschungsfabrik Ressourceneffiziente Produktion“ bis hin zum Kompetenzzentrum ubineum für die Entwicklung und Präsentation von Produkten bzw. Dienstleistungen zum Thema

„Intelligentes Wohnen“ – in Sachsen sind die Ergebnisse von WindNODE weithin sichtbar.

Nun gilt es, die im Schaufenster erprobten Geschäftsmodelle für den Massenmarkt weiterzuentwickeln und die Erkenntnisse ins zukünftige Handeln zu überführen. Dabei helfen die Projektergebnisse, Lücken und Hürden im regulatorischen Rahmen zu identifizieren, die einem wirtschaftlichen Betrieb von flexiblen Anlagen bislang entgegenstehen. Dies gilt es nun anzupacken und zu verändern.

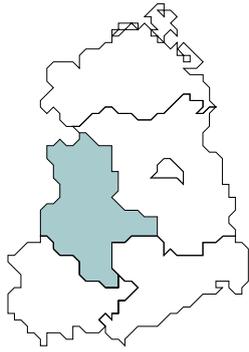
📍 Weitere Infos unter:
www.energie.sachsen.de

▲ E³-Forschungsfabrik des Fraunhofer-Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU in Chemnitz.



„Wir haben in WindNODE gesehen, dass es Potenziale zum flexiblen Austausch zwischen Stromerzeugern und Verbrauchern gibt. Die sächsischen Partner in WindNODE waren stets vorne dabei, wenn es um die Entwicklung von konkreten Anwendungen und Geschäftsmodellen ging. Diese wertvollen Erkenntnisse und Ergebnisse müssen wir jetzt in einen neuen regulatorischen Rahmen überführen, damit das Energiesystem auch weiterhin zuverlässig und dekarbonisiert funktionieren kann.“

Wolfram Günther
Staatsminister für Energie, Klimaschutz,
Umwelt und Landwirtschaft des Freistaats Sachsen



Energiesystem der Zukunft für Sachsen-Anhalt



„Die Stabilität des Energiesystems in Sachsen-Anhalt ist vor dem Hintergrund von Energiewende und Kohleausstieg von großer Relevanz. Durch WindNODE wurden Lösungsansätze erarbeitet und Praxisbeispiele aufgezeigt, um Lastverschiebepotenziale als ein Instrument der Systemintegration erneuerbarer Energien zu erkennen, zu bewerten und zu vermarkten. Dies ist von großer Bedeutung für das Industrieland Sachsen-Anhalt, da industrielle Großverbraucher so zu einem stabilen erneuerbaren Energiesystem beitragen können.“

Dr. Reiner Haseloff
Ministerpräsident des Landes Sachsen-Anhalt

Das Land Sachsen-Anhalt möchte auch zukünftig seiner Vorreiterrolle beim Ausbau der erneuerbaren Energien gerecht werden. So soll bis zum Jahr 2050 der Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch bei 100 Prozent liegen. Um dieses Ziel zu erreichen, wird ein sektorübergreifender Ansatz im Strom-, Wärme- und Verkehrsbereich verfolgt und ist ein weiterer ambitionierter Ausbau der erneuerbaren Energien unerlässlich. Darüber hinaus ist ebenso eine erfolgreiche Systemintegration der erneuerbaren Energien notwendig.

In dem 2019 beschlossenen Klima- und Energiekonzept Sachsen-Anhalt werden 72 konkrete

Maßnahmen beschrieben und bewertet, die Treibhausgase einsparen. An das zukünftige Energiesystem werden zur Erreichung der Ziele diverse Anforderungen gestellt. Einen wichtigen Stellenwert nehmen dabei Themen wie die intelligente Integration erneuerbarer Energien, die Energiespeicherung, die Sektorkopplung und die Nutzung weiterer Flexibilitätpotenziale ein. Im Zusammenspiel mit der Digitalisierung der Stromnetze ergeben sich neue Möglichkeiten der Flexibilisierung durch neue Konzepte der Netzbetriebsführung mit mehr Intelligenz und Dezentralität. Der im Zuge der Energiewende erforderliche Netzausbau hängt wiederum von der Umsetzbarkeit und Nutzung der vorgenannten Möglichkeiten ab. Auch der Ausstieg aus der Kohleverstromung macht die Nutzung der vorhandenen Potenziale sowie den Einsatz neuer Technologien und Konzepte im gesamten Energiesystem notwendig.

Die Ergebnisse von WindNODE können zu vielen der relevanten Themenkomplexe Lösungsmöglichkeiten und Handlungsoptionen aufzeigen. Von besonderem Interesse für Sachsen-Anhalt sind beispielsweise die Arbeiten zur Identifikation, Bewertung und Vermarktung von Lastverschiebepotenzialen. So hat insbesondere die energieintensive Industrie in



Anteil der erneuerbaren Energie am Primärenergieverbrauch in Sachsen-Anhalt bis zum Jahr 2050

Sachsen-Anhalt einen großen Anteil am Stromverbrauch und bietet somit auch erhebliches Potenzial, um den sinnvollen Einsatz von Maßnahmen des Lastmanagements zu prüfen und umzusetzen. Relevant sind hier beispielsweise Industrie- und Gewerbeunternehmen aus den Branchen Chemie, Zement, Papier und Holz, Lebensmittel, Metall und Glas. Neben der möglichen Umsetzung von Lastmanagementmaßnahmen in Haushalten oder beim intelligenten Laden von Elektrofahrzeugen bestehen im Industriebereich die größten Potenziale.

Die Arbeiten von WindNODE zeigen Lösungsmöglichkeiten auf, wie durch die Digitalisierung des Energiesystems Flexibilitätsoptionen in der Energieerzeugung und im Energieverbrauch

gesteuert und koordiniert werden können. Auch die Lösungsansätze durch den Einsatz von IKT und Digitalisierung im Bereich der Vernetzung und Betriebsführung der Stromnetze sind wichtige Beiträge für das zukünftige Energiesystem Sachsen-Anhalts.

Nach der Erarbeitung von Handlungsoptionen und Lösungsansätzen besteht nun eine wichtige Aufgabe darin, in Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und Öffentlichkeit ein Bewusstsein für die bestehenden Möglichkeiten zu schaffen und viele Maßnahmen in die Anwendung zu bringen.

📍 Weitere Infos unter:

www.mule.sachsen-anhalt.de/energie



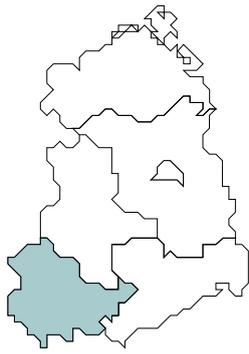
„Sachsen-Anhalt hat sich das Ziel einer vollständigen Versorgung mit erneuerbaren Energien in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr gesetzt. Die WindNODE-Ergebnisse können einen wertvollen Beitrag leisten, Flexibilitätsoptionen zu nutzen und erneuerbare Energien in allen Sektoren in das Energiesystem zu integrieren. Durch die besuchbaren Orte in WindNODE werden vielfältige Einblicke in die Welt der Energiewende für alle ermöglicht. Dies ist wichtig, um das Verständnis für den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien und die Akzeptanz für die Energiewende zu steigern.“

Prof. Dr. Claudia Dalbert

Ministerin für Umwelt, Landwirtschaft und Energie
des Landes Sachsen-Anhalt

▼ Freileitungen bei Wolmirstedt im Landkreis Börde mit landwirtschaftlicher Nutzung.





Thüringen: Energiewende gestalten – Chancen nutzen



„Aufgrund seiner zentralen geografischen Lage nimmt Thüringen eine besondere Rolle bei der Energiewende ein. Für die Zukunft ist es wichtig, ein vernetztes, intelligentes und sektorübergreifendes Energiesystem zu etablieren, welches nicht an Landesgrenzen endet. Im Rahmen von WindNODE werden bereits heute innovative Technologieanwendungen im Bereich Smart Grids, Flexibilisierung und Energiespeicherung erprobt. Diese helfen uns, Thüringen für die anstehenden Herausforderungen der Energiewende zu wappnen.“

Bodo Ramelow
Ministerpräsident des Freistaats Thüringen

Das Land Thüringen steht für eine Energiewende, die dezentral, regional und regenerativ ist. Diesen Ansatz unterstreicht ein ambitioniertes Ziel: Ab dem Jahr 2040 soll der Energiebedarf in Thüringen bilanziell durch einen Mix aus erneuerbaren Energien aus landeseigenen Quellen gedeckt werden. Dabei gehen der Ausbau der erneuerbaren Energien, die Steigerung der Energieeffizienz, Energieeinsparung und Maßnahmen zur Sektorkopplung Hand in Hand. Die Energieversorgung muss den entscheidenden Anteil zum Erreichen der Klimaziele leisten. Für eine breite Akzeptanz in der Bevölkerung muss das zukünftige Energiesystem umweltverträglich, sicher und bezahlbar sein. Um diese

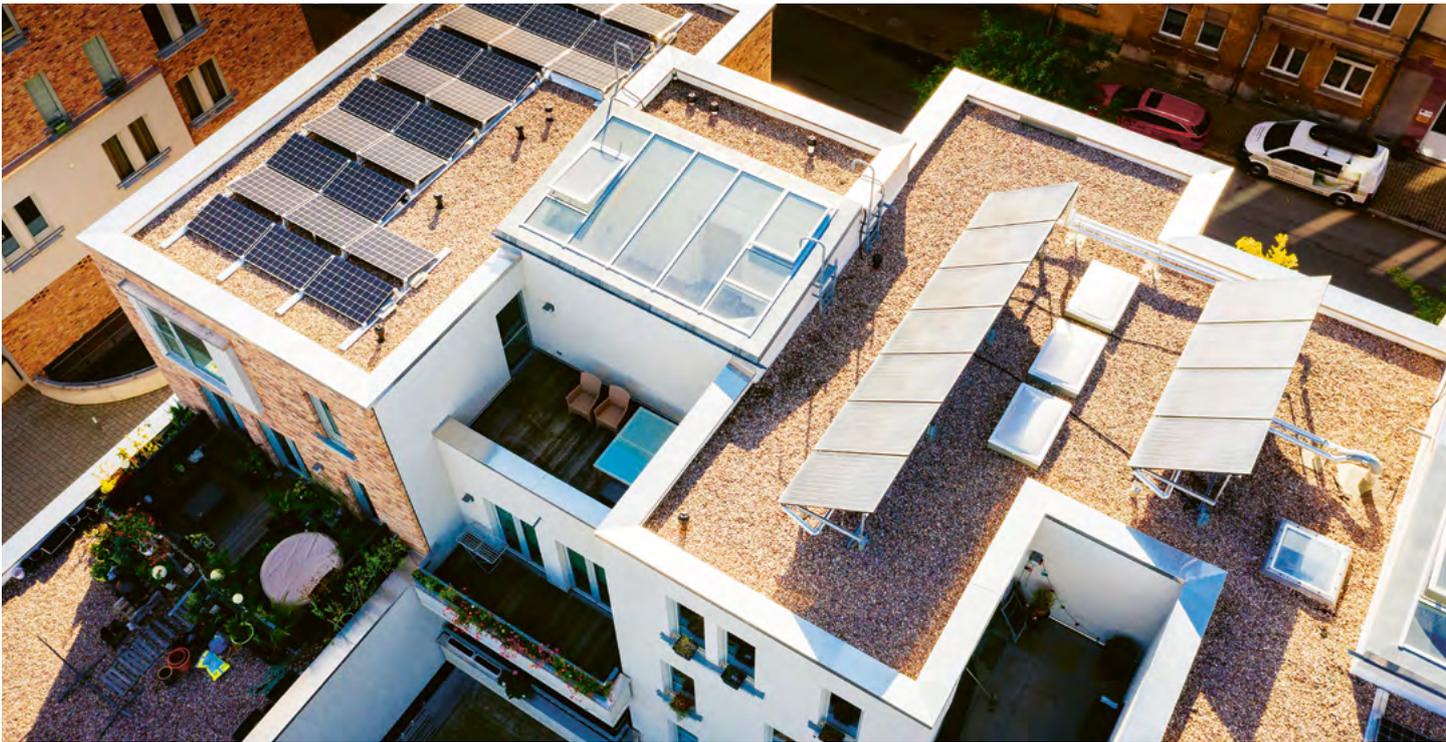
zentralen energiepolitischen Ziele umzusetzen, verabschiedete Thüringen als erstes ostdeutsches Land ein Klimagesetz, das seit Ende 2018 in Kraft ist. Im Jahr 2019 hat die Landesregierung eine Integrierte Energie- und Klimaschutzstrategie beschlossen. Die Strategie untersetzt die Energie- und Klimaziele aus dem Thüringer Klimagesetz und leitet Maßnahmen ab, die dazu beitragen, diese Ziele zu erreichen. Das Gesetz und die Strategie geben den Rahmen für die Thüringer Energie- und Klimapolitik, setzen Leitplanken und sorgen für Verbindlichkeit.

Mit einer klugen Energie- und Klimapolitik soll Thüringen zukunftsfest gemacht werden. Dazu sollen die Wertschöpfungspotenziale erschlossen werden, die sich aus Klimaschutz und Energiewende ergeben. Die Energiewende bietet die Chance für Innovation, Wertschöpfung, wettbewerbsfähige Arbeitsplätze und mehr Teilhabe. Die Thüringer Landesregierung nutzt ihren Handlungsspielraum und stellt vielfältige Angebote für Bürgerinnen und Bürger, Kommunen und Unternehmen bereit. Verschiedene Landesförderprogramme unterstützen u. a. die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen in Unternehmen und Kommunen, die Erstellung von Wärmeanalysen und Potenzialstudien sowie Mieterstrommodelle und Demonstrationsvorhaben.

Das Ziel:

100 Prozent erneuerbare Energien bis

2040



▲ Mieterstromanlage Auenhöfe in Erfurt.

Vielfältige Angebote zur Beratung und zur Umsetzung konkreter Projekte hält auch die Landesenergieagentur ThEGA bereit. Ziel der Landesregierung ist, dass möglichst viele Akteure unmittelbar von der Energiewende profitieren. Dies stärkt Rückhalt und Akzeptanz.

In Thüringen hat sich eine breite Forschungslandschaft entwickelt, die sich mit der Transformation des Energiesystems beschäftigt. Die Landesregierung unterstützt die Forschungslandschaft und die Umsetzung von Best-Practice-Beispielen. Universitäten und Hochschulen in Verbindung mit Forschungsinstituten und Unternehmen untersuchen und bewerten die aktuellen Herausforderungen der Energiewende. Im Fokus der Forschungsprojekte stehen die Integration der erneuerbaren Energien in den Markt, die Flexibilisierung von Energieangebot und -nachfrage sowie die intelligente Kopplung der Sektoren Strom, Wärme, Verkehr und Industrie. So werden beispielsweise im von Bund und Land geförderten Verbundprojekt ZO.RRO (Zero Carbon Cross Energy System) systemische Lösungen für eine CO₂-freie Energieversorgung erforscht und entwickelt. Viel Potenzial steckt auch in der Integration von Wasserstoff in das Energiesystem der Zukunft. Im Projekt H2-Well werden die Voraussetzungen für die Umsetzung einer regionalen Wasserstoffwirtschaft erprobt. Die Flexibilisierung des Energiesystems steht im Fokus des thüringischen Reallabors

JenErgieReal. Auch die gesammelten Erfahrungen aus WindNODE können einen wichtigen Beitrag leisten, innovative Energiewendeprojekte in Thüringen umzusetzen.

🔗 Weitere Infos unter:
www.umwelt.thueringen.de



„Wir gestalten ein Energiesystem, das auf erneuerbaren Energien aufbaut. Darin liegen gerade auch viele wirtschaftliche Chancen. Das Projekt WindNODE hat der Energiewende wichtige Impulse gegeben. Ich bin überzeugt, dass die Ergebnisse über das Projektende und über die Projektpartner hinaus wirken können.“

Anja Siegesmund
Ministerin für Umwelt, Energie und
Naturschutz des Freistaats Thüringen

Pluralismus als Prinzip

Lenkungskreis Der Lenkungskreis ist das Entscheidungs- und Aufsichtsgremium von WindNODE.



Verbundpartner Die Verbundpartner erhalten im Rahmen des Förderprogramms SINTEG eine finanzielle Förderung.



Assoziierte Partner Die assoziierten Partner erhalten keine finanzielle Förderung aus SINTEG.



Unterauftragnehmer Die Unterauftragnehmer sind von einzelnen Verbundpartnern mit bestimmten Aufgaben beauftragt, erhalten aber keine direkte finanzielle Förderung aus SINTEG.



Mit mehr als 70 Partnern in einem gemeinsamen Verbundprojekt



Wirtschaftsförderung
Brandenburg | **WFBB**



SOLANDEO



enso NETZ



Ergebnis



50 Teilprojekte arbeiten an 4 großen Handlungsfeldern

50

Teilarbeitspakete

WindNODE ist ein pluralistisches Verbundprojekt, in dem mehr als 70 Partner in 50 Teilarbeitspaketen einen detaillierten Einblick in die verschiedenen Aspekte des zu 100 Prozent regenerativen, intelligenten Energiesystems der Zukunft geben. In jedem Teilarbeitspaket wird mit individuellen Perspektiven und Ansätzen an Musterlösungen für die Energiewende gearbeitet.

Die Ergebnisse und Ausblicke aus den Teilarbeitspaketen von WindNODE stellen wir auf den Seiten 60–211 ausführlich vor.

9

Arbeitspakete

Die 50 Teilarbeitspakete sind in 9 Arbeitspaketen nach thematischer Zusammengehörigkeit organisiert. Die Arbeitspakete dienen vor allem der operativen Gestaltung von WindNODE und werden jeweils durch eine Arbeitspaketkoordinatorin oder einen Arbeitspaketkoordinator repräsentiert. Sie haben, unvermeidlich und durchaus beabsichtigt, große inhaltliche Schnittmengen und Schnittstellen.

4

Handlungsfelder

Alle 9 Arbeitspakete mit ihren 50 Teilarbeitspaketen zahlen auf die gemeinsame WindNODE-Geschichte ein, die sich in vier übergreifenden, zentralen Handlungsfeldern bündelt. Die WindNODE-interne Ergebnissynthese, teilweise getragen von sogenannten Koordinierungskomitees, hat hier unsere Erkenntnisse auf der Makroebene zusammengetragen.

Die Ergebnisse und Ausblicke auf der Ebene der vier Handlungsfelder von WindNODE stellen wir auf den Seiten 36–54 vor.



synthese

34 – 211

Die 4 Handlungsfelder 34 – 59

Ergebnissynthese – unsere Handlungsfelder 36

Flexibilitäten identifizieren	37
Flexibilitäten aktivieren	42
Energiesystem digitalisieren	46
Reallabor entwickeln	50
EXKURS: die regulatorische Experimentierklausel SINTEG-V	55

Die 50 Teilarbeitspakete 60 – 211

9 Arbeitspakete

AP 1 IKT-Vernetzungsplattform	60
AP 2 Flexible Erzeugung und Regionalkraftwerk	72
AP 3 Effiziente Betriebskonzepte für Stromnetze	84
AP 4 Vernetzter Endkunde	100
AP 5 Marktdesign und Regulierung	116
AP 6 Neue Flexibilitätsoptionen: Sektorkopplung	128
AP 7 Industrielle Lastverschiebepotenziale	154
AP 8 Quartierskonzepte und Smart City	174
AP 9 Partizipation und Dissemination	190



Unsere Handlungsfelder

Bei WindNODE geht es um Musterlösungen für die zweite Phase der Energiewende – für ein zukünftiges, smartes Energiesystem mit 100 Prozent Erneuerbaren. Daran haben wir in 50 Teilarbeitspaketen gearbeitet (detailliert vorgestellt auf den Seiten 60 bis 211), die teilweise eng miteinander verschränkt, teilweise auch sehr eigenständig organisiert sind. Dieser Pluralismus zeichnet WindNODE aus, und er wird nach unserer Überzeugung auch das Energiesystem der Zukunft auszeichnen. Trotz aller Vielfalt unserer Musterlösungen lassen sich unsere 50 Arbeitspakete in vier übergreifenden Handlungsfeldern bündeln:

1

Flexibilitäten identifizieren,
also die Erkennung und Beschreibung technischer Potenziale für Lastverschiebung und Sektorkopplung,

2

Flexibilitäten aktivieren,
also die ökonomische Nutzung technischer Flexibilitätspotenziale in existierenden und in neuen Flexibilitätsmärkten,

3

Energiesystem digitalisieren,
um die Energiesystemtransformation zu ermöglichen und um Nutzen aus Energiedaten zu ziehen, und

4

Reallabor entwickeln,
was nach unserem Verständnis eine Reihe methodischer Blaupausen bedeutet – vom Management eines Netzwerks mit mehr als 70 Partnern über vielfältige Partizipationsangebote bis hin zu einem „Show and Tell“ für die Chancen der Energiewende.

Die Ergebnisse in diesen vier Handlungsfeldern stellen wir Ihnen auf den folgenden Seiten im Überblick vor. In den ersten beiden Handlungsfeldern haben Arbeitspaket-übergreifende „Koordinationungskomitees“ (KoKos) fast zwei Jahre lang gemeinsam an der Ergebnissynthese gearbeitet. Für dieses ehrenamtliche Engagement bedanken wir uns herzlich bei den beteiligten WindNODE-Kolleginnen und -Kollegen.

Im Anschluss an die vier Handlungsfelder folgt ein kurzer Exkurs zur SINTEG-Verordnung (SINTEG-V), der regulatorischen Experimentierklausel, die wir bei WindNODE nutzen durften. Ein solches Instrument ist ein Novum in der Energieforschung, und wir glauben, dass es auch in der Zukunft ein wesentliches Element für Reallabore und ähnliche Vorhaben sein sollte.

1

Handlungsfeld 1:

Flexibilitäten identifizieren**Was ist Flexibilität?**

Die folgende Definition ist in den Koordinierungskomitees von WindNODE erarbeitet worden:



„Flexibilität bezeichnet die Fähigkeit von Elementen im Energiesystem, aktiv auf ein externes Signal, das die Variabilität von Stromerzeugung und -verbrauch widerspiegelt, mit einer Leistungsänderung zu reagieren.“

Wozu braucht man Flexibilität?

Der Bedarf an Flexibilität im Stromsystem leitet sich aus der Eigenschaft von Elektrizität her, die besagt, dass die Erzeugung immer gleich dem Verbrauch sein muss. Konventionelle Kraftwerke können die Erzeugung dem Verbrauch anpassen und somit Flexibilität bereitstellen. Aufgrund des schwankenden Dargebots von erneuerbaren Energien wird Flexibilität in zunehmendem Maß auf der Nachfrage- bzw. Verbrauchsseite benötigt. Die Nachfrage nach Flexibilität im Energiesystem kann zum einen aus den Großhandelsmärkten (Day-ahead, Intraday) resultieren. Zum anderen kann die Nachfrage nach Flexibilität unter der Zielstellung der Behebung von Netzengpässen entstehen. Daneben kann Flexibilität auf den Regelenenergiemärkten nachgefragt oder zur Erbringung weiterer Systemdienstleistungen benötigt werden.

Um eine Flexibilitätsoption im Energiesystem technisch zu quantifizieren, sind mindestens folgende Parameter zu bestimmen:

- ▶ Wertebereich der Leistungsänderung (positiv oder negativ)
- ▶ Zeitdauer der Leistungsänderung
- ▶ Vorlaufzeit bis zur Leistungsänderung

Die Angebots- und Nachfrageseite determinieren die Höhe des technischen Flexibilitätspotenzials in einem Energiesystem. Bei der Bestimmung des wirtschaftlichen Flexibilitätspotenzials sind darüber hinaus – in Abhängigkeit des regulatorischen Rahmens – die Kosten und der durch die Bereitstellung der Flexibilität erzielte Nutzen zu berücksichtigen.

Wie kann Flexibilität charakterisiert werden?

Das Schema in der unteren Abbildung hilft dabei, die entscheidenden Parameter (Prämissen, Marktpartizipation, Jahresenergiebezug, technische Voraussetzungen sowie Hardware) zur Identifikation von Flexibilitätpotenzialen vor Augen zu haben. Es erleichtert außerdem die Entscheidung, ob ein Potenzial aktiviert werden kann und nennt diesbezüglichen Handlungsbedarf. Es erstreckt sich dabei über die vier Sektoren GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen), Industrie, Transport und Quartierslösungen.

Cluster	GHD	(Energieintensive) Industrie	Mobilitäts- und Transportsektor	Quartierslösungen
Prämissen der Flexibilitätserbringung	Einhaltung von kundenseitigen Verpflichtungen / Erbringung der Kundenwünsche / keine Beeinflussung des Kundempfindens	Keine nachteilige Beeinflussung der Produktion bzw. Herstellung / Erfüllung der Kundenwünsche, Einhaltung der Spitzenlastgrenzen	Sicherstellung der geforderten Transportleistung	Keine Einschränkung des Wohnkomforts
Bisherige Marktpartizipation	I.d.R. nein (vorgelagertes EVU)	I.d.R. flexibler Stromeinkauf, ggf. Regelenenergiemarkt	I.d.R. nein (Ladestationen durch EVU versorgt)	I.d.R. nein (vorgelagertes EVU)
Typischer Jahresenergiebezug	400–1.600 MWh	Ab 100 MWh	Abhängig von Flottengröße	Ca. 3–8 MWh je Haushalt
Anlagentechnische Voraussetzungen	Größtenteils nicht steuerbare Lasten, steuerbare oder verschiebbare Lasten und Prozesse vorhanden, ggf. Notstromaggregate	Steuerbare Last- und Erzeugungseinheiten, ggf. (zeitweise) autarker Betrieb möglich	Steuerbare Ladesäulen, keine übergeordnete Steuerung und Netzdienlichkeit	Ggf. BHKW oder PV-Anlage vorhanden, geringe Eigenenerzeugung, nicht steuerbare Lasten, thermische und elektrische Kleinspeicher
Überwachungs-, Steuerungs- und Informationstechnik für Flexibilisierung	Teilweise bis umfangreich vorhanden, aber nicht zur Flexibilisierung konzipiert	Energiemonitoring und -management vorhanden	Energiemonitoring und -management vorhanden	Ansatzweise über vernetzte Heizzentralen und Smart-Building-Technik vorhanden
Technischer Handlungsbedarf	Installation anlagenspezifischer Smart Meter sowie von Geräten zur intelligenten Steuerung und Vernetzung	Ggf. Einbau von Mess- und Steuerungstechnik	Einrichtung und Betrieb einer Mobilitätsleitwarte zur koordinierten Führung der Energieflüsse	Installation Smart-Building-Technik und Smart Meter, anlagenspezifische Steuerungen
Organisatorischer Handlungsbedarf	Transparentes Tracking der Energieflüsse	Integration von Flexibilität in die Wertschöpfungskette		Transparentes Tracking der Energieflüsse

QUICK CHECK - Einschätzung, inwieweit Prozesse / Maschinen wesentliche Voraussetzungen für eine Last-Flexibilisierung erfüllen.

Bitte tragen Sie Ihre interne Bezeichnung für den betrachteten Prozess bzw. die Maschine ein.

Hinweis: Der Prozess / Maschine sollten planbar sein und einen zeitlichen Aktivierungshorizont von 1 Std. - 1 Woche haben.

- 1 **Prozessautomatisierungsgrad**
- 2 **Wird dieser Prozess nach einem Produktionsplan gesteuert?**
- 3 **Wie hoch schätzen Sie den Strombezug pro Jahr für den betrachteten Prozess ein?**
Im Excel-Template können Sie einen Schätzwert für den Strombezug p.a. ermitteln, indem Sie im Untermenü "WEIß NICHT" auswählen.
- 4 **Wie hoch schätzen Sie die "TYPISCHE" Leistungsaufnahme im Betrieb ein?**
Unter der "TYPISCHEN" Leistungsaufnahme wird hier die ÜBLICHE INANSPRUCHNAHME der Leistung der Maschine verstanden.
- 5 **Wie hoch schätzen Sie die "MAXIMALE" Leistungsaufnahme ein?**
Mit der "MAXIMALEN" Leistungsaufnahme sind mögliche (einzelne) Lastspitzen beim Strombezug der Maschine im Jahr gemeint.
- 6 **"MINIMALE" Leistungsaufnahme, auf die der Prozess reduziert werden kann?**
Gemeint ist hier, inwieweit sich Maschine / Prozess reduzieren lassen. Wenn komplette Abschaltung möglich, beträgt Wert "0".
- 7 **Wie schätzen Sie die typische PROZESSDAUER (ohne Unterbrechung) ein?**
Bitte geben Sie den Wert in Minuten ein.
- 8 **Vorbereitungszeit, nach der eine Leistungserhöhung bzw. Leistungsreduktion im Zuge einer Lastverschiebung erfolgen könnte?**
Bitte geben Sie den Wert in Minuten ein.
- 9 **MAXIMAL mögliche zeitliche Verschiebedauer des Prozesses?**
Bitte geben Sie den Wert in Minuten ein.
- 10 **Welche technischen / wirtschaftlichen Konsequenzen hätte eine Verschiebung bei der oben angeführten Verschiebedauer?**

Lastart - Bitte wählen Sie für den Prozess eine der folgenden Zuordnungen aus

Autwahl:

Autwahl:

Autwahl:

Autwahl: KWh p.a.

Vorwahl ist ein HOHER Strombezug p.a.

KW *

KW *

Vorwahl ist eine HOHE Leistung.

KW

Vorwahl ist eine GE RINGE Leistungsanforderung

min

Vorwahl ist eine KURZE Prozessdauer

min

Vorwahl ist eine KURZE Vorbereitungszeit

min

Vorwahl ist eine GROSSE zeitliche Verschiebung

Autwahl:

Unternehmen

Name

Telefon

E-Mail

Wie flexibel ist der Stromverbrauch ?

FLEXIBILITÄTSBAROMETER

Skala von 0 - 5

2,6

Flexibilitätskennzahl

53,1%

Erfüllungsgrad

DAS POTENZIAL MIT UNSEREN EXPERTEN KONKRETISIEREN

Die Flexibilitätskennzahl lässt auf den ersten Blick eine gute Ausgangsposition für eine mögliche Lastflexibilisierung erkennen. Gern prüfen und qualifizieren wir nun mit Ihnen gemeinsam den von Ihnen untersuchten Prozess und diskutieren anhand von Praxisbeispielen Ihre QUICK-CHECK-Daten im Einzelnen. Unser Expertenteam unterstützt Sie gern im Rahmen eines kostenlosen Analyse-Workshops bei der weiterführenden Datenerhebung zur Qualifizierung des Prozesses und beantwortet gern Ihre Fragen zum Thema < Lastverschiebung >. Rufen Sie uns an, Sie erreichen uns über die angegebenen Kontaktdaten.

▲ Quick-Check für eine Lastflexibilisierung.¹

Werkzeug zur Identifikation von Flexibilitätspotenzial im eigenen Unternehmen

Siemens hat in Zusammenarbeit mit der Initiative „Meine Energie für meine Stadt“ einen Quick-Check erstellt. Er soll helfen, individuelle Parameter (z. B. von Maschine, Anlage, Speicher) bei der Identifikation flexibler Anlagen zu erfassen und zu bewerten. Das Abarbeiten der Checkliste bietet die Möglichkeit, unterschiedlich vorhandene Flexibilität zu vergleichen und eine Entscheidung zu treffen, ob die Flexibilität mobilisiert werden kann. Für die Bewertung einer Flexibilität reicht es nicht aus, nur den Leistungswert

zu erfassen, denn für ihre Aktivierung sind organisatorische Faktoren oder Prozesse ebenso wichtig. Für eine erste Analyse des Flexibilitätspotenzials ist es aber erforderlich, relativ einfache, schnell erfassbare Bewertungskriterien einzuführen. Über interne Berechnungen mit einem definierten Bewertungsmaßstab werden eine Flexibilitätskennzahl und ein Erfüllungsgrad bestimmt. Die hier implementierten Faktoren wurden auf der Basis von ca. 100 Bewertungen im industriellen Produktionsumfeld ermittelt.

¹ Online verfügbar unter: <http://mems.berlin/quick-check>.

Exemplarische Flexibilität

Bei WindNODE haben wir eine Reihe mustertypischer Flexibilitätsoptionen identifiziert. Hier ist eine exemplarische Auswahl, die sich insbesondere noch um die vielfältigen Sektorkopplungen (aktuell Power-to-Heat, zukünftig Power-to-Gas) erweitern ließe.



► Flexibler Supermarkt:

In zwei Schaufensterfilialen der Schwarz Gruppe (TAP 4.2, S. 104), bei Lidl und bei Kaufland, wurde die Entlastung des Stromnetzes in Zeiten von Erzeugungsspitzen erneuerbarer Energien durch die Einspeicherung in einen Batteriespeicher erprobt. Außerdem können in der Filiale Stromverbraucher – allen voran Kühlaggregate – durch ein dezentrales Energiemanagement gesteuert werden und somit ihre Leistung erhöhen oder verringern. Im Jahr 2019 wurde der Batteriespeicher der Lidl-Filiale in Berlin-Schöneberg zur vollautomatischen Vermarktung an die Day-Ahead- und Intraday-Märkte angebunden. Zusätzlich hat der Speicher am Testbetrieb der WindNODE-Flexibilitätsplattform (TAP 1.2, S. 66) teilgenommen und erfolgreich Flexibilität angeboten.



► Intelligentes Lastmanagement:

Siemens (TAP 7.2, S. 158) zeigt in seinen Berliner Werken, dass die Erfassung und Kategorisierung von industriellen Prozessen in Verbindung mit modernen Messgeräten und einem Energiemanagementsystem die Nutzung von Flexibilitätsoptionen nach verschiedenen Optimierungszielen ermöglicht. Solche Ziele können beispielsweise die maximale Aufnahme erneuerbarer Energie oder die Einhaltung der Netzbezugsgrenzen und der Hochlastzeitfenster sein. Die Vermarktung erfolgte bereits testweise über die WindNODE-Flexibilitätsplattform.



► Smarte Software:

Das „ZIEL“-System (Zukunftsfähiges Intelligentes Energie- und Lastmanagement) vom Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, das in Kooperation mit Deckel Maho Seebach (TAP 7.1, S. 156) entstanden ist, verschiebt energieintensive Fertigungsaufträge in Abhängigkeit von Energiepreisen und regelt aktiv die dezentrale Energieinfrastruktur in Fabriken. Fertigungsunternehmen können dadurch eine zukunfts-fähige, energieflexible Produktionsweise aufbauen.



► Optimiertes Laden:

Für ihre elektrisch betriebene Flotte (derzeit noch überwiegend Pkw) nutzt die Berliner Stadtreinigung BSR (TAP 6.1a (BSR), S. 130) die Energiemanagementsoftware EnEffCo® von ÖKOTEC, um Potenzialanalysen für die Flexibilitätsoptimierung durchzuführen und in den (prototypischen) Regelbetrieb zu überführen. Dadurch konnten die Stromkosten reduziert und drei Anwendungen erprobt werden: die Bezugsoptimierung am Strommarkt, das dynamische Lastmanagement am Standort und die Nutzung der WindNODE-Flexibilitätsplattform.



► Vernetztes Quartier:

Das Borderstep Institut hat in Zusammenarbeit mit Partnern im Versuchsquartier Prenzlauer Berg (TAP 8.2, S. 180), das mit Smart-Building-Technik ausgerüstet ist, die markt- und netzdienliche Steuerung eines BHKW sowie von Power-to-Heat-Elementen erprobt. Dabei werden die Gebäudemasse und das Nahwärme- und Heizungsnetz als thermische Speicher genutzt. Die entstehende Flexibilität kann entweder an der Börse im Verbund mit Energy2Market als virtuelles Kraftwerk (TAP 4.1, S. 102) oder über die WindNODE-Flexibilitätsplattform (TAP 1.2, S. 66) angeboten werden.

Wir haben deutlich mehr technische Flexibilitätspotenziale gefunden als erwartet

Nach unserer Erfahrung reagieren viele Menschen zunächst verhalten oder sogar ablehnend auf die Suche nach Flexibilität. Doch gute Kommunikation und sichtbare Erfolge helfen – das Interesse an der Flexibilitätsuche ist bei allen Beteiligten während des Projekts deutlich gestiegen. Die Flexibilitätsuche hat sogar einige sehr positive Nebeneffekte und Erkenntnisse geliefert. So konnte in einem Siemens-Werk die Spannungsqualität verbessert und dadurch ein Ausschussproblem in der Halbleiterfertigung abgestellt werden – eigentlich kein Flexibilitätsthema, aber zufällig während der systematischen Suche nach Flexibilität aufgedeckt. In Supermärkten gibt es bedeutende Flexibilitätspotenziale in der Tiefkühlung von Lebensmitteln. Versuche unserer Projektpartner von der Schwarz Gruppe ergaben, dass Tiefkühlware durch eine Kühlung unter Temperaturen des üblichen Temperaturbandes (–18 bis –24 °C) keinen Schaden nimmt, aber der Arbeitsschutz einen Mitarbeiterinsatz bei Temperaturen unter –24 °C sehr erschwert. Daher kommt eine Kühlung unterhalb dieser Schwelle nur außerhalb der Betriebszeiten (beispielsweise nachts oder sonntags) infrage. Und im Falle der Quartierskonzepte vom Borderstep Institut zeigte sich, dass sich sehr gute, vorbereitende Kommunikation bezahlt macht: Unter den Anwohnern gab es eine unerwartet hohe Beteiligungsbereitschaft und Zustimmung zu den Maßnahmen, mit denen die Wohnungen für die Flexibilitätsnutzung ertüchtigt wurden.

Insgesamt haben wir deutlich mehr technische Flexibilitätspotenziale gefunden als erwartet. Über 200 MW wurden originär in den WindNODE-Projekten identifiziert.

Die Suche nach Flexibilität steht dennoch erst am Anfang. Die Universität Leipzig schätzt das theoretische Gesamtpotenzial an Flexibilitäten (Erzeugungs- und Lastseite) in der WindNODE-Region auf über 32 GW. Im Handlungsfeld „Flexibilitäten identifizieren“ haben wir gezeigt, dass große Potenziale vorhanden sind und wie diese identifiziert werden können. Mit dem „Best-Practice-Manual Flex Identifizieren!“ ist ein Erfahrungsbericht entstanden, der Unternehmen und Organisationen ein hilfreiches Werkzeug an die Hand gibt, um die Theorie in die Praxis umzusetzen.

Für die ehrenamtliche Mitarbeit im Koordinierungskomitee „Flexibilitäten identifizieren“ bedanken wir uns bei:

Dr. Severin Beucker (Borderstep Institut)
 Jörn Hartung (Siemens)
 Christian Heytner (BSR)
 Andreas Hüttner (Siemens)
 Dr. Christopher Koch (ehemals TU Berlin)
 Dr. Sandra Maeding (Stromnetz Berlin)
 Dr. Henning Medert (ehemals WindNODE-PMO)
 Christina Over (GreenCycle)
 Dr. Marc Richter (Fraunhofer IFF)
 Mark Richter (Fraunhofer IWU)
 Niko Rogler (WindNODE-PMO)
 Fabian Stein (ehemals GreenCycle)
 Dr. Alexander Weber (Ökotec)

> 200 MW

Flexibilitätspotenzial
 bei WindNODE identifiziert



Zum Weiterlesen

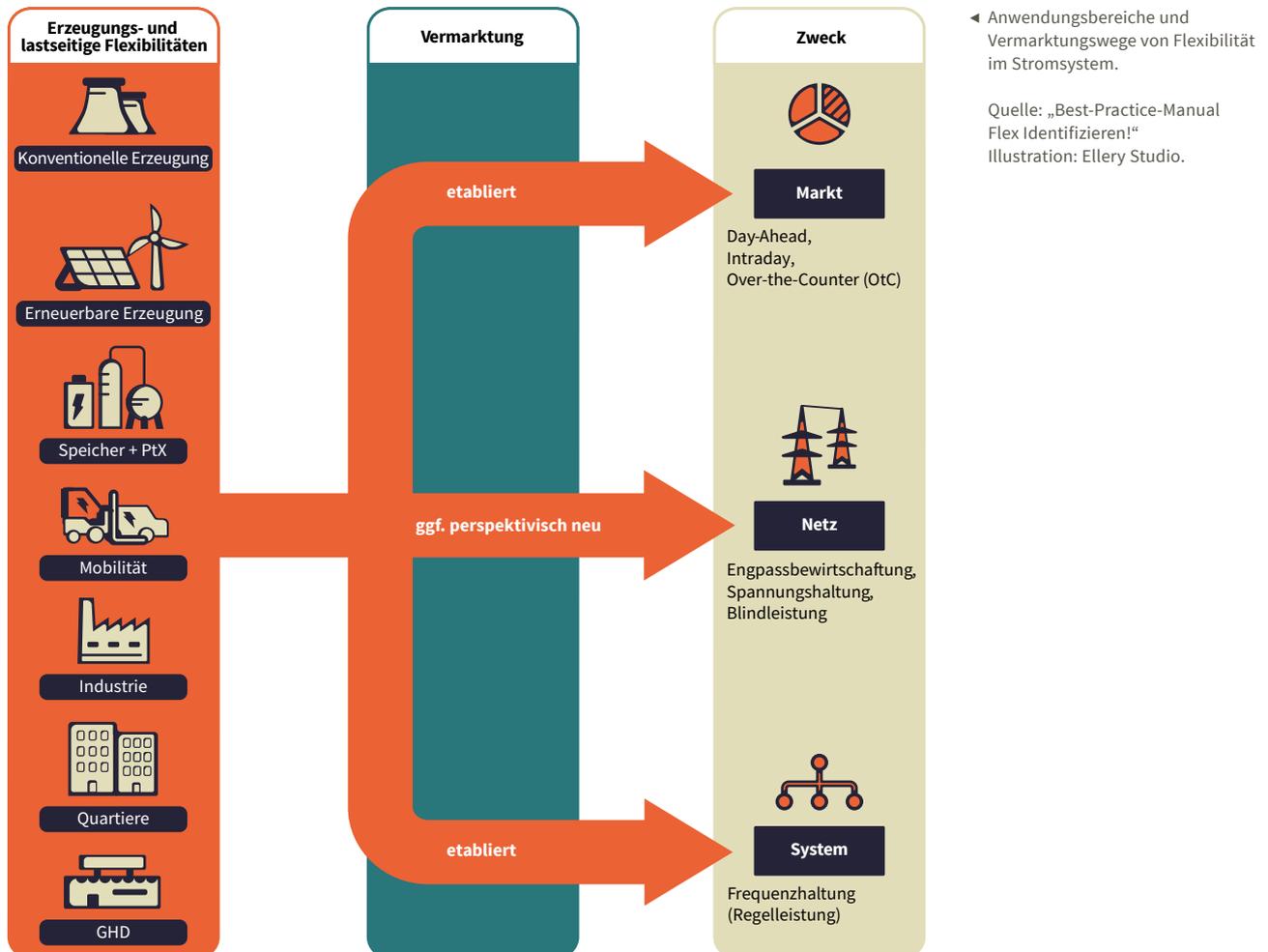
Das Koordinierungskomitee „Flexibilitäten identifizieren“ hat seine Ergebnisse im Synthesebericht „Best-Practice-Manual Flex Identifizieren!“ zusammengefasst. Darin finden sich konkrete Fallbeispiele aus Industrie, Gewerbe und Quartieren.

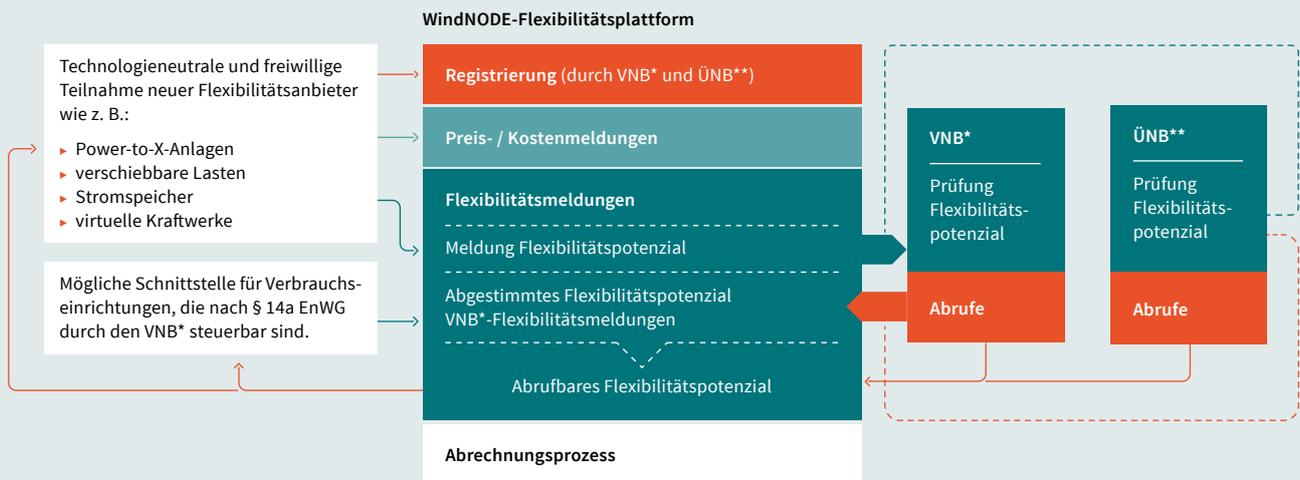
2 Handlungsfeld 2: Flexibilitäten aktivieren

Wie kommt das Preisschild an die Flexibilitäts-potenziale?

Nach der Identifikation technischer Flexibilitätspotenziale stellt sich die Frage, ob und wie sie wirtschaftlich aktiviert werden können. Unter der Aktivierung von Flexibilitätspotenzialen verstehen wir die ökonomisch und ökologisch zielführende Nutzung sowohl für einzelne Unternehmen als auch für das Energiesystem als Ganzes. Damit das gelingt, müssen die marktlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen stimmen.

Grundsätzlich kommen drei verschiedene Vermarktungswege für Flexibilität in Betracht: Erstens der sehr liquide Strommarkt (z. B. über die Strombörse), an dem es bereits seit Langem wettbewerblichen Handel gibt. Zweitens die Beschaffung von Regelleistung zum systemdienlichen Einsatz von flexiblen Anlagen, ebenfalls ein Marktplatz, der etabliert und effektiv ist. Drittens steht der netzdienliche Einsatz von Flexibilität, also die flexible Regelung von Anlagen zur Entlastung der Netze und zur Vermeidung von Netzengpässen, für den es bisher keinen marktlichen Mechanismus gibt. Durch die regulatorische Experimentierklausel SINTEG-V (siehe dazu SINTEG-Verordnung, S. 55) haben die WindNODE-Partner erstmals in einem Energieforschungsprojekt die Möglichkeit erhalten, systemisch sinnvolle Lösungen zu erproben, die in Teilen über den geltenden Regulierungsrahmen hinausgehen.





▲ Abbildung: Übersicht über Funktionsweise der Flexibilitätsplattform.

*Verteilungsnetzbetreiber.
**Übertragungsnetzbetreiber.

Grundsätzliche ökonomische Überlegungen: Flexibilität muss sich rechnen

Aus der Perspektive der Flexibilitätsanbieter spielen betriebswirtschaftliche Überlegungen wie die Eigenoptimierung oder die Gewinnmaximierung auf potenziellen Märkten bei der Aktivierung von Flexibilität eine entscheidende Rolle. Investive Maßnahmen und die Ertüchtigung von Equipment durch Messgeräte, um das individuelle Lastprofil der Maschine zu erfassen, sind für die Erschließung von Flexibilitätspotenzialen oftmals erforderlich. Die Erfahrung zeigt, dass Erlöse aus dem sogenannten „Peak Shaving“ (Glättung der Spitzenlast) oder der Regelenergievermarktung zurzeit häufig nicht ausreichend sind, um die notwendigen Investitionen betriebsintern zu rechtfertigen und eine Flexibilisierung ökonomisch sinnvoll anzureizen. Um dem entgegenzuwirken, empfiehlt sich gegebenenfalls die gezielte Gestaltung von Investitionsanreizen für potenzielle Flexibilitätsanbieter. Ähnlich der Förderung von energie- und ressourceneffizienten Anlagen wäre es denkbar, zukünftig flexible und netzdienliche Anlagen mit einem entsprechenden Anreiz zu fördern. Dadurch könnte das Angebot an nutzbarer Flexibilität signifikant erhöht werden.

Aus systemischer Perspektive sollte Flexibilität genutzt werden, wenn sich daraus ein ökologischer Mehrwert ergibt, etwa in Form von verringerten lebenszyklusweiten

Ressourcenverbräuchen und Emissionen. Wenn ein Unternehmen also heute darüber nachdenkt, Anlagen zu flexibilisieren, dann sollten das unter ökologischen Gesichtspunkten im Idealfall solche sein, die für eine Bereitstellung von Flexibilität für das Energiesystem möglichst wenig oder keine zusätzlichen Ressourcenverbräuche erzeugen.

Flexibilitätsplattform: Technik und Prozesse funktionieren, aber das Umfeld noch nicht

In WindNODE wurde die bisher ungenutzte Möglichkeit der marktlichen Beschaffung von Flexibilitätspotenzialen für den Prozess der Netzengpassbewirtschaftung entwickelt und getestet. Der Einsatz dieser zusätzlichen Potenziale soll in Netzengpassfällen eine höhere Nutzung der erneuerbaren Erzeugung ermöglichen („Nutzen statt Abregeln“). Die Konzeptentwicklung umfasste die Ausgestaltung einer Webplattform, welche die Kommunikation zwischen den Netzbetreibern und den Flexibilitätsanbietern herstellt. Auf der Plattform erfolgt zunächst eine Registrierung der Anbieter und eine Präqualifizierung der Anlagen in einem gemeinsamen Verfahren durch 50Hertz und die beteiligten Verteilungsnetzbetreiber.

Der Einsatz der Flexibilitätsplattform (TAP 1.2, S. 66) mit Geboten, Koordinierung und Abrufen wurde im Rahmen von WindNODE mehrfach praktisch getestet. Die speziellen Voraussetzungen von flexiblen Lasten, Speichern und virtuellen Kraftwerken wurden bei der Ausgestaltung von Prozessen und Produkten in gemeinsamen Workshops diskutiert und umgesetzt. An Tagen mit Engpässen im Stromnetz wurden somit zusätzliche Flexibilitätspotenziale angeboten, die dann auch real eingesetzt wurden und somit effektiv dazu beigetragen haben, die Abregelung von Erneuerbaren-Anlagen zu reduzieren. Die Flexibilitätsplattform hat ihre Funktionsfähigkeit bewiesen – technisch, prozessual, systemisch.

Sowohl Engpässe als auch die Flexibilitätspotenziale zur Engpassbehebung können sich auf unterschiedlichen Spannungsebenen befinden. Hierfür sind koordinierte Prozesse zwischen ÜNB und VNB notwendig. Bei WindNODE konnte durch die enge und sehr gute Zusammenarbeit von 50Hertz, Stromnetz Berlin, E.DIS Netz, ENSO Netz und WEMAG Netz eine Lösung für diese Prozesse innerhalb der Flexibilitätsplattform entwickelt, implementiert und getestet werden. Ein solcher Koordinationsmechanismus wird auch zukünftig, wie z. B. im NABEG 2.0 für den Redispatch ab Oktober 2021 vorgesehen, immer wichtiger.

Die NABEG-Novelle, die während der WindNODE-Laufzeit erfolgte, entzog aber zugleich der Flexibilitätsplattform teilweise die Geschäftsgrundlage. Mit der Novelle wurden dem regulierten Redispatch Erzeugungsanlagen und Stromspeicher ab einer Größe von 100 kW zugeführt, Verbrauchsanlagen sind weiterhin nicht gesetzlich zu einer Teilnahme verpflichtet. Dadurch wurde ein Großteil des von der Flexibilitätsplattform adressierten Potenzials in einen regulierten, nicht marktlichen Anwendungsbereich überführt.

Ein weiteres, grundsätzliches Problem der Flexibilitätsplattform liegt darin, dass eine marktliche Beschaffung von Flexibilität zur Netzengpassbewirtschaftung engpassverstärkendes Verhalten der Marktteilnehmer anreizen könnte. Dies wird auch als strategisches Bieterverhalten oder „Increase-Decrease-Gaming“ (INC-DEC-Gaming) bezeichnet. Demnach könnte ein Akteur daran verdienen, einen zuvor selbst herbeigeführten Engpass aufzulösen. Eine regulatorische Einhegung solchen Verhaltens erscheint grundsätzlich machbar, jedoch existiert der dafür erforderliche Rahmen aktuell nicht.

Der veränderte Rahmen nach der NABEG-Novelle und die Herausforderung des INC-DEC-Gaming lassen den dauerhaften Einsatz der Flexibilitätsplattform nach der Projektlaufzeit eher unwahrscheinlich erscheinen. Das Konzept „Nutzen statt Abregeln“ bleibt aber grundsätzlich sinnvoll – aus volkswirtschaftlicher und aus ökologischer Sicht. Im Zeitverlauf müssen die Rahmenbedingungen zur Einführung marktlicher

Mechanismen vermutlich auch immer wieder neu bewertet werden. Insbesondere bei in Zukunft steigenden Redispatchmengen und zeitweise negativer Residuallast ist das Konzept der Flexibilitätsplattform ein technisch und operativ erprobter Ansatz, um räumlich differenzierte Anreize zur Nutzung von Flexibilität zu realisieren.

Kleinteilige Flexibilitätspotenziale im Verteilungsnetz: Transparenz und Steuerbarkeit

Die Übertragungs- und Verteilungsnetze sind auf der Ebene der Höchst- und Hochspannung schon lange durch eine hohe Transparenz durch die vorhandene Aktorik und Sensorik geprägt. Daher können Netzbetreiber diese Netzzustände sehr gut einschätzen. In der Vergangenheit floss der Strom aus diesen höheren Ebenen in die darunterliegenden, weshalb keine betriebliche Notwendigkeit bestand, andere Spannungsebenen in dieser Weise zu überwachen. Dies kann sich in Zukunft ändern, zumal nur wenige Netzbetreiber über ein eigenes Kommunikationsnetz verfügen, das bis in die Ortsnetzstationen reicht. Weil Flexibilität in der Niederspannung jedoch deutlich kleinteiliger ist, ist die Betrachtung von Gruppen von Verbrauchern notwendig. Daher sind massentaugliche, sehr gut skalierbare Technologien erforderlich.

Bei WindNODE wurde anhand der Weiterentwicklung des E-Pagers ein praktischer Lösungsvorschlag zur Steuerung von Verbrauchern in der Niederspannung demonstriert. Die StromPager DX (TAP 4.6, S. 114) wurden gemeinsam mit mehreren Verbundpartnern getestet. Die neuen Geräte sollen in verschiedenen Quartieren zum Einsatz kommen, um die entsprechenden Anwendungsfälle der Partner umzusetzen. Ein Anwendungsbeispiel ist die Vorgabe einer Schaltrichtung per Relais, nach der sich das Energiemanagement vor Ort richten kann. Auf diese Weise wäre es möglich, Anlagen nach einem übergeordneten Einfluss wie der Erneuerbaren-Energien-Prognoseabweichung auf der ÜNB-Ebene auszurichten. So könnten Verbrauchsanlagen bei höherer Einspeisung (positive Abweichung) zu- oder bei geringerer Einspeisung (negative Abweichung) abgeschaltet werden. Insbesondere der zu erwartende starke Ausbau von Elektromobilität und Wärmepumpen erfordert neue Regelungen zu technischen und prozessualen Voraussetzungen. Technologisch können die StromPager einen Beitrag leisten, um Flexibilität in der Niederspannung nutzbar zu machen.

Einige Highlights der Flexibilitätsvermarktung

Bei WindNODE konnten in Feldtests dank Automatisierung und Digitalisierung bereits heute neue Anwendungen für Flexibilität in verschiedenen Anforderungsbereichen erschlossen werden.

- ▶ **Optimierte Netznutzung und Day-Ahead-Beschaffung für die Industrie:**
Durch die Implementierung eines geeigneten Messsystems und die detaillierte Auswertung einzelner Prozesse wurden neue Optionen zur Flexibilitätsvermarktung bei Siemens (TAP 5.1, S. 118) erschlossen. Die betrachteten Lasten eignen sich vorwiegend zur optimierten Netznutzung sowie für eine günstigere Day-Ahead-Beschaffung. Von zentraler Bedeutung wird zukünftig ein flexibilitätsanreizendes Abgaben- und Umlagensystem sein. Aktuell besteht ein Anreiz zur Reduktion der Spitzenlast, um Netzentgelte zu minimieren, auch wenn günstiger erneuerbarer Strom in der Spitze vorhanden ist.

- ▶ **Herausforderung der dynamischen Einbindung von Speichern meistern:**
Die BMW Group (TAP 7.6, S. 168) errichtete aus gebrauchten und neuen Fahrzeugbatterien eine Second-Life-Speicherfarm, die am Strom- und am Primärregelmarkt aktiv ist und perspektivisch zur Synchronisation von Erzeugung und Verbrauch der Werksinfrastruktur genutzt werden kann. Lastspitzen können vermieden und somit Netzentgelte und Eigenstromnutzung optimiert werden. Die dynamische Einbindung innerhalb von Werksnetzen oder Haushalten ist weiterhin eine regulatorische Herausforderung, sodass Use Cases aufgrund der Abgaben- und Umlagenlast unrentabel bleiben. Auch der Bilanzkreiswechsel stellt eine Hürde dar und sollte in kürzeren Zeitscheiben ermöglicht werden.

- ▶ **Intelligente und prognosebasierte Steuerung und Optimierung von Energieanlagen:**
Durch die von der GASAG-Gruppe (TAP 6.3c, S. 144) entwickelten Algorithmen für eine intelligente und prognosebasierte Steuerung von Energieanlagen profitiert das neue Power-to-Heat/Power-to-Cold-Speichersystem, dessen Optimierungsmöglichkeiten deutlich ausgeweitet wurden. Immer dann, wenn der Strom am Intraday-Markt günstig genug ist und der Grenzpreis für die Wärmeerzeugung mit dem Elektrokessel unter die Wärmegestehungskosten eines anderen, laufenden Aggregates fällt, ist eine Ansteuerung des Elektrokessels sinnvoll. Ein Kostenvorteil im Vergleich zu dem Biomethan-BHKW ist allerdings sehr

selten. Die Vermarktungsaussichten im Regelernergie Markt erschienen vor einigen Jahren noch wesentlich attraktiver. Die Anlage der GASAG fokussiert nun auf den Intraday-Markt, an dem zunehmende Volatilität aufgrund zunehmender Erneuerbaren-Anteile eine höhere Wirtschaftlichkeit von Flexibilitäten erwarten lässt. Eine zentrale Erkenntnis des Projekts ist, dass eine Absenkung des starren Kostenbestandteils im Verbraucherstrompreis zu einem systemdienlicheren Nachfrageverhalten führen würde.

- ▶ **Im Quartier finden sich alle Herausforderungen der Energiewende unter einem Dach:**
Die Arbeiten vom Borderstep Institut (TAP 8.2, S. 180) haben gezeigt, dass sich Gebäude und Quartiere netz- und marktdienlich verhalten können und gleichzeitig der hohe Komfort für die Bewohner erhalten bleibt. Die Umwandlung und Speicherung von Erneuerbaren-Spitzen in Gebäuden oder auch die gezielte Ausspeisung von Wärme und Strom aus der Eigenerzeugung in die öffentlichen Netze sind heute mithilfe intelligenter Technik machbar. Flexibilitätsoptionen in Stadtquartieren sind vergleichsweise kleinteilig (zwei- bis dreistelliger Kilowattbereich), was die Vermarktung unter heutigen Rahmenbedingungen mit hohen Anbindungs- und Transaktionskosten erschwert. Perspektivisch ist eine Vermarktung von Flexibilität über einen Aggregator denkbar. Dies kann einerseits am Elektrizitätspotmarkt oder auch als Regelleistung für die Frequenzhaltung erfolgen.

Flexibilitätspotenziale brauchen modernisierte Spielregeln

Mit der erfolgreichen Identifikation von Flexibilität ist ein erster wichtiger Schritt getan. Ohne eine effektive Integration in das Gesamtsystem kann Flexibilität jedoch nur bedingt eine Systementlastung hervorrufen bzw. einen relevanten Klimaschutzbeitrag leisten. Es gilt also, zeitnah den zweiten Schritt zu gehen und die erforderlichen Anpassungen des regulatorischen Rahmens vorzunehmen. Die Schaffung technologieoffener, marktorientierter, ökologischer und diskriminierungsfreier Anreize wird eine der zentralen politischen und regulatorischen Herausforderungen in der zweiten Phase der Energiewende sein. Nun gilt es, die vorhandenen Flexibilitätspotenziale großflächig nutzbar zu machen – denn „Nutzen statt Abregeln“ ist und bleibt ein wichtiger Beitrag auf dem Weg zu einem Energiesystem mit 100 Prozent Erneuerbaren.

Für die ehrenamtliche Mitarbeit im Koordinierungskomitee „Flexibilitäten, Markt, Regulierung“ bedanken wir uns bei:

Dr. Severin Beucker (Borderstep Institut)
 Hannes Doderer (IKEM)
 Alexander Funke (BMW)
 Jörn Hartung (Siemens)
 Andreas Hüttner (Siemens)
 Dr. Christopher Koch (ehemals TU Berlin)
 Dr. Hendrik Kondziella (Universität Leipzig)
 Dr. Sandra Maeding (Stromnetz Berlin)
 Dr. Henning Medert (ehemals WindNODE-PMO)
 Dr. Georg Meyer-Braune (50Hertz)
 Dr. Michael Rath (GASAG Solution Plus)
 Niko Rogler (WindNODE-PMO)



Zum Weiterlesen

Das Koordinierungskomitee „Flexibilität, Markt, Regulierung“ hat den gleichnamigen Synthesebericht erarbeitet. Aufbauend auf der vorliegenden Identifikation konkreter Flexibilitätsoptionen im einzelnen Unternehmen zeigt der Bericht die Vermarktungsoptionen und deren regulatorischen Rahmen im WindNODE-Gebiet und darüber hinaus.

3 Handlungsfeld 3: Energiesystem digitalisieren

Was ist eigentlich Digitalisierung in der Energiewirtschaft?

SINTEG steht unter der Überschrift der „Digitalen Agenda“ der Bundesregierung. Daher spielte die Digitalisierung der Energiewirtschaft eine zentrale Rolle für unsere Arbeit. Digitalisierung erwies sich als Schlagwort mit ziemlich unscharfem Inhalt, welches selbst zwischen den Experten der WindNODE-Community zu reichlich Missverständnissen geführt hat. Wir haben gelernt, dass Digitalisierung nicht von einer übergeordneten Intelligenz gesteuert wird, sondern aus dezentralen Lösungen erwächst – und dass der Weg dorthin weniger „disruptiv“ verläuft, als oftmals behauptet wird.

In der Energiewirtschaft verstehen wir Digitalisierung in erster Linie als die automatisierte Erfassung und Verarbeitung sowie sichere Übertragung von Informationen, um die Ziele Versorgungssicherheit, Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit sowie zunehmend auch Akzeptanz in der Bevölkerung zu erreichen. Die Arbeit in WindNODE hat gezeigt, dass konsequent digitalisierte Prozesse dabei drei wesentliche Vorteile mit sich bringen.

1. Software macht die Energiewirtschaft flexibel

Zunächst erlauben digitale Lösungen eine flexiblere Nutzung der vorhandenen Infrastruktur. Damit wird ein Grundproblem der Energiewirtschaft adressiert: die oftmals langen Investitionszyklen geben traditionell die Taktrate für Innovationen vor. So kann eine Gesetzesnovelle eine Dienstleistung zwar attraktiv machen oder eine gute Idee ein neues Geschäftsfeld eröffnen. Für die Umsetzung war in der Vergangenheit dann jedoch oft eine teure technische Auf- oder Umrüstung notwendig. Die Digitalisierung abstrahiert bzw. entkoppelt solche Entwicklungen, indem beispielsweise Schnittstellen stabil bleiben und Hardware unabhängig von Entwicklungen am Markt und berechtigten Marktpartnern einsetzbar bleibt.

In der digitalen Energiewirtschaft können daher auch zukünftige, derzeit noch unbekannte Anwendungsfälle mit wenig Aufwand umgesetzt werden. Ein intelligenter, digitaler Zähler kann heute zum Stromablesen genutzt werden – und morgen detaillierte Verbrauchsprognosen im Energiesystem unterstützen. Wo früher Blindleistungskompensation nur von wenigen, speziell ausgestatteten Anlagen erbracht wurde, erlaubt die nahezu in Echtzeit ablaufende digitale Kommunikation im Netz heute, dezentrale Erzeugungsanlagen dafür zu nutzen. Digital erfasste Produktionsprozesse können per Knopfdruck als Flexibilität genutzt werden. Kurzgefasst: In der digitalen Energiewirtschaft können Akteure „per Softwareupdate“ eine große Bandbreite

von Aufgaben übernehmen, sobald dies wirtschaftlich lohnend und juristisch möglich ist.

2. Digitalisierung ermöglicht Sektorkopplung

Stromnetze mit allen Erzeugern und Verbrauchern zählen zu den komplexesten von Menschen geschaffenen Systemen. Und mit der Entwicklung zu einem dezentralen, regenerativen und flexiblen System steigt die Komplexität noch. Plötzlich spielen domänenfremde Informationen wie die Wettervorhersage (TAP 4.4: Erzeugungsprognosen für Solar- und Windanlagen, S. 110), Prognosen zur Nutzung von Ladesäulen aus dem Verkehrssektor oder aktuelle Bewegungsdaten aus Industrieprozessen eine große Rolle.

Die Energiewende erfordert daher nicht nur die physikalische Kopplung der Sektoren, indem beispielsweise Strom bei Bedarf in Wärme umgewandelt wird. Sie verlangt auch eine Kopplung im informationstechnischen Sinn.

Hier spielt die Digitalisierung ihre zweite Stärke aus. Ist ein Prozess einmal digitalisiert, sei es innerhalb oder außerhalb der Energiewirtschaft, ist eine maschinenlesbare, also eine gemeinsame Sprache geschaffen. Durch konsequente Nutzung von Normung, Standardisierung und offenen Schnittstellen (TAP 9.7: Normung und Standardisierung im intelligenten Energiesystem, S. 208) können Informationen branchen- und sektorübergreifend zusammengebracht werden. So entsteht die Basis für ein System, in dem modular immer mehr Komponenten eingebunden, die Situation in hoher Geschwindigkeit analysiert und schließlich automatisierte Entscheidungen getroffen werden können.

3. Digitale Transparenz dient der Optimierung energiewirtschaftlicher Prozesse

Überhaupt spielt die Optimierung energiewirtschaftlicher Prozesse vor dem Hintergrund steigender Kosten und einer stark wachsenden Komplexität des Systems eine große Rolle. Digitale Lösungen, wie das WindNODE-Energiecockpit (TAP 8.1b, S. 178) oder die Markt- und Verbraucherplattform (TAP 1.4, S. 70), sind hier auf jeder Ebene vertreten: in der Planungsphase erlauben digitale Simulationen eine optimale Auslegung von Komponenten und Betriebsmitteln. Im laufenden Betrieb werden die relevanten Daten aller Anlagen erfasst und überwacht, damit stets die optimale Fahrweise gewählt werden kann (TAP 2.4: Kommunales Energiemanagementsystem, S. 82). Diese Daten sorgen auch dafür, dass Betriebsmittel effizienter und länger genutzt werden können, was wiederum den Aus- und Neubaubedarf sowie die Notwendigkeit für Redundanzen verringert.

In allen diesen Fällen schaffen digitalisierte Prozesse durch hohe Datenverfügbarkeit eine neue Transparenz über Soll und Ist. Die dabei entstehenden Datenmengen gilt es weitgehend automatisiert zu verarbeiten, um schließlich über gemeinsame Schnittstellen steuernd

eingzugreifen. Dies kann in einem digitalisierten Energiesystem standortübergreifend, flächendeckend und nahezu in Echtzeit für eine große Anzahl von Anlagen und Systemen geschehen. Projekte wie das Open Data Portal (TAP 1.3, S. 68) zeigen darüber hinaus, dass in der Transparenz auch Chancen für Vertrauensbildung und breitere Bürgerbeteiligung liegen.

Erfolgreich im Real-labor: Digitalisierung mit Augenmaß

Mit Blick auf seine Projektarbeit zieht WindNODE daher drei generelle Schlussfolgerungen zur Natur erfolgreicher Digitalisierungsvorhaben:

1. Erfolgreiche Digitalisierung erfolgt modular

Obwohl auf den ersten Blick die Forderung nach einem zentralen, systemischen Digitalisierungsansatz sinnvoll erscheint, beispielsweise einer zentralen Plattform zur effizienten Orchestrierung des Gesamtsystems, sind diese Projekte in der Realität nur äußerst schwer umsetzbar. Dabei ist zunächst die hohe Komplexität ein Hindernis: selbst Experten kennen sich regelmäßig nur in Teilgebieten des Energiesystems aus, sodass branchenweite oder gar sektorübergreifende Lösungen schnell nicht mehr handhabbar sind. Die traditionell heterogene, sich schnell entwickelnde und verändernde Akteurslandschaft sorgt für hohe Abstimmungshürden, da neben unterschiedlichen Sichtweisen nun auch teils konkurrierende Geschäftsmodelle treten.

Um vielversprechende digitale Technologien dennoch in den Markt zu bringen, hilft daher in erster Linie eine Orientierung an konkreten energiewirtschaftlichen Problemstellungen. Auch wenn diese kleinteilige Herangehensweise zunächst weniger ambitioniert erscheint, ist sie mittelfristig erfolgreich. Um den ganzheitlichen Ansatz sowie die vielfältigen Interdependenzen innerhalb des Systems trotzdem zu adressieren, sind eine strukturierte Modularisierung und Schnittstellenkommunikation ein zentraler Erfolgsfaktor. Ein Wertschöpfungsnetzwerk wie WindNODE bietet dafür hervorragende Gelegenheiten: durch den intensiven Kontakt der unterschiedlichen Projektpartner können neue Ideen diskutiert, iteriert und umgesetzt werden.

2. Erfolgreiche Digitalisierung kann ein evolutionärer Prozess sein

Während im Digitalisierungsdiskurs derzeit viel von „Disruption“ gesprochen wird, sind nach unserem Dafürhalten in der Energiewirtschaft evolutionäre Ansätze erfolgversprechender. Erstens ist unklar, ob auf Disruption und „market capture“ abzielende Geschäftsmodelle

auch volkswirtschaftlich zum optimalen Ergebnis führen. Zweitens haben die starken Beharrungskräfte des Energiesystems durchaus ihre Berechtigung. Die Gemengelage aus starker Verschränkung von Regulatorik, Markt und Physik und dem inhärent hohen Bedarf an Sicherheit und Verlässlichkeit ist ein schwieriges Umfeld für revolutionäre Ansätze. Diese Verschränkung garantiert jedoch eine verlässliche Energieversorgung und einen Ausgleich zwischen privaten und öffentlichen Interessen.

Digitale Innovationen setzen sich daher im stark regulierten Umfeld der Energiewirtschaft mit ihrer kritischen Infrastruktur zunächst in relativ eng umgrenzten Anwendungsfeldern durch, in denen sie etablierte Prozesse verbessern und optimieren. Stück für Stück entwickeln sich aus diesen Kooperationen neue Ideen und Geschäftsmodelle (TAP 1.2: WindNODE-Flexibilitätsplattform, S. 66), die dann im Einklang mit dem nationalen und europäischen Datenschutzrecht, der komplexen Regulatorik und im Einvernehmen mit einer möglichst breiten Auswahl an Partnern umgesetzt werden. Sie zielen nicht vornehmlich auf kurzfristige Gewinne, sondern auf robuste, gesellschaftlich tragfähige Lösungen ab. Durch eine solche „Digitalisierung mit Augenmaß“ sind nicht zuletzt die Risiken einer stärkeren Vernetzung, Automatisierung und Standardisierung besser zu beherrschen.

3. Erfolgreiche Digitalisierung ist ein Werkzeug und kein Selbstzweck

Plattformökonomie, künstliche Intelligenz und die Blockchain – die Digitalisierung leidet an einer Flut von Schlagworten, hinter denen sich oft einfache, manchmal vage und hin und wieder gänzlich unpassende Ideen verbergen. Was im Marketing seine Berechtigung hat, ist im Kontext von Forschung oft hinderlich: hier ist eindeutige, verständliche Sprache von Vorteil, vor allem dort, wo branchen- und sektorübergreifend kommuniziert werden muss. In WindNODE kann man überall Elemente entdecken, die mit „Digital Twin“, „Machine Learning“, „Predictive Maintenance“ oder „Internet of Things“ beschrieben werden können. Aber unsere erfolgreichsten Projekte sehen diese Technologien als Mittel zum Zweck, konkrete energiewirtschaftliche Probleme zu lösen.

Schlüssel zum Erfolg ist die richtige Passung zwischen Problem und Lösung. Obwohl die Energiewirtschaft beispielsweise durch die Blockchain wohl nicht revolutioniert wird, kann diese Technologie unter bestimmten Umständen durchaus erfolgreich eingesetzt werden, wie Fraunhofer FOKUS und 50Hertz in TAP 1.1 (S. 62) zeigen. So gelingt Digitalisierung und schafft einen volks- und energiewirtschaftlichen Mehrwert. Ist diese Hürde genommen, kommt es auf regulatorische Spielräume wie die SINTEG-Experimentierklausel, zukunftsichere digitale Infrastruktur und offene Schnittstellen an, um den Sprung von kleinen Insellösungen zu großflächigen Innovationen zu schaffen.

Neben diesen erfolgreichen Digitalisierungsprojekten, die oftmals mit kleinteiligen Fragestellungen beginnen, aber durch eine flächendeckende Anwendung einen hohen volkswirtschaftlichen Wert entfalten können, wurden in WindNODE auch mehrere Studien angefertigt, die sich mit grundsätzlichen Fragestellungen im Kontext der Digitalisierung der Energiewirtschaft beschäftigen, darunter die folgenden:

- a) Die Studie „Weiße Flecken in der digitalen Vernetzung der Energiewirtschaft“ der Fraunhofer-Institute IEE und FOKUS hat identifiziert, wo es noch am Einsatz von moderner, digitaler Informations- und Kommunikationstechnologie (IuK) für die zukünftigen Informationsflüsse in der Energiewirtschaft mangelt. Es zeigt sich, dass die klassische Wertschöpfungskette in Zukunft nicht mehr ausreichen wird, um die energiewirtschaftlichen Prozesse abzubilden. Hierfür bietet sich vielmehr ein Wertschöpfungsnetzwerk an, das zehn Wertschöpfungsfelder zwischen den Wertschöpfungsstufen Erzeugung, Transport, Handel und Verbrauch aufspannt. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass IuK zur Bewältigung dieser Informationsflüsse zwar bereits heute größtenteils vorhanden, jedoch für die Bedürfnisse der zukünftigen Energiewirtschaft noch anzupassen ist.
- b) In der Studie „Informations- und Kommunikationstechnik zum intelligenten Energiesystem“ der TU Berlin wurde ein ganzheitlicher Bewertungsansatz angewendet. Dort stehen drei energiesystemische Herausforderungen im Mittelpunkt: Flexibilität identifizieren und aktivieren, Netzengpassbewirtschaftung und Netzplanung. Die Untersuchungen zeigen, dass durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik die Prozesse in allen drei Bereichen effizienter abgewickelt bzw. neue Potenziale gehoben werden können. Dadurch kann es für die konkreten Problemstellungen gelingen, einzelne Dimensionen des energiepolitischen Zieldreiecks zu verbessern, ohne dass andere Bereiche schlechter gestellt werden.
- c) Die Studie „Eine Marktübersicht der Blockchain in der Energiewirtschaft“ der TU Berlin unterteilt die Blockchain-Technologie in technische Module und ordnet dabei vorhandene Lösungen anhand der entwickelten Methodik ein. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass es eine Vielzahl an Blockchain-Projekten entlang der energiewirtschaftlichen Wertschöpfungskette gibt. Keines davon ist disruptiv. Vielmehr haben einzelne Module oder Besonderheiten der Blockchain (z. B. Smart Contracts) das Potenzial für ganz spezifische, maßgeschneiderte Lösungen. Derartige Lösungen sind heute schon für viele Anwendungsbereiche der Energiewirtschaft entwickelt, können aber aufgrund des fehlenden praktischen Einsatzes und der dadurch fehlenden Transparenz nicht hinreichend genau auf Ressourcenintensität überprüft werden.

Digitale Lösungen aus WindNODE

Ein Blick auf die Berichte aus den WindNODE-Teilarbeitspaketen zeigt, dass digitale Lösungen in fast allen Fällen eine wichtige Rolle spielen. Hier folgt eine kleine, nicht abschließende Übersicht von Highlights aus dem Projekt:

- ▶ In Orts- und Verteilungsnetzen wird digitale Messtechnik dazu genutzt, bessere Einsichten in den Netzzustand zu erhalten und frühzeitig steuernd einzugreifen. Auch Ansätze von vorausschauender Wartung, d. h. einer engmaschigen Überwachung von Betriebsmitteln zur besseren Planung von Instandsetzungsmaßnahmen, wurden verfolgt (TAP 3.3e: Online-Messtechnik für Ortsnetzstationen, S. 98, und TAP 8.1a: Modellregion Zwickau, S. 176).
- ▶ Im Verteilungsnetz können dezentrale Erzeugungsanlagen durch eine Integration in ein intelligentes Blindleistungsmanagementsystem Systemdienstleistungen erbringen, die ehemals Großkraftwerken vorbehalten waren (TAP 3.3b: Dynamische Blindleistung, S. 90).
- ▶ Eine umfassende Softwarelösung erlaubt die konsequente Erfassung kommunaler Energiesysteme über Sektorengrenzen hinweg. Dieser „digitale Zwilling“ hilft sowohl bei Planung und Dimensionierung als auch bei der Überwachung und Entscheidungsunterstützung in Echtzeit (TAP 2.4: Kommunales Energiemanagementsystem, S. 82).
- ▶ Die automatisierte Steuerung in Großspeichern erlaubt es zukünftig, virtuelle „Teilblöcke“ unabhängig voneinander für verschiedene Betriebszenarien zu nutzen, mit Vorteilen im Bereich der Besicherungsleistung und der Vermarktung von Primärregelleistung (TAP 2.1: Zukunftsspeicher Energiewende – Systemdienstleistungen der Energiewende, S. 74).
- ▶ Die innovative Prozessplattform definiert beispielhaft digitale Schnittstellen und modelliert Abstimmungsprozesse zwischen den Netzebenen und Anbietern von Flexibilität zur effizienten Netzengpassbewirtschaftung (TAP 1.2: WindNODE-Flexibilitätsplattform, S. 66).
- ▶ Die bidirektionale Anbindung dezentraler Kleinanlagen für Demand Side Management erfolgt in mehreren Teilprojekten durch verschiedene Technologien, darunter modernisierte Pagerfunk-Rundsteuerung (TAP 4.6: StromPager DX, S. 114, und TAP 8.2: Versuchsquartier Prenzlauer Berg, S. 180) und Fernwirktechnik (TAP 6.3a, S. 140).
- ▶ Die Kombination von selbstlernenden Algorithmen und der Erstellung von „digitalen Zwillingen“ für hochpräzise Erzeugungsprognosen zeigt vielversprechende Ergebnisse sowohl im Grünstromhandel als auch in der Optimierung des Netzbetriebs (TAP 4.4: Erzeugungsprognosen für Solar- und Windanlagen, S. 110).
- ▶ Effiziente Algorithmen und Methoden zum Energie- und Lastmanagement im industriellen Kontext werden sowohl akademisch erforscht (TAP 7.1: Lastverschiebung in der industriellen Fertigung, S. 156, und TAP 7.3: Lastverschiebung in der energieintensiven Industrie, S. 160) als auch praktisch umgesetzt (TAP 7.2: Industrielles Lastmanagement bei Siemens, S. 158, und TAP 7.4: Marktintegration industrieller Flexibilitäten, S. 164) und setzen dabei auf umfangreiche Erfassung von Stamm- und Bewegungsdaten aus den untersuchten Prozessen.
- ▶ Smart-Building-Technologie wird genutzt, um Komfortgewinn und Energieoptimierung zu vereinen und mit geringem investivem Aufwand auch im Bestand den Energieverbrauch im Gebäudesektor zu verringern. Dazu können viele kleinteilige Anlagen digital erfasst und als Flexibilität über ein virtuelles Kraftwerk zentral orchestriert werden (TAP 8.2: Versuchsquartier Prenzlauer Berg, S. 180).

Für die Mitarbeit an diesem Beitrag bedanken wir uns bei:

Dr. Severin Beucker (Borderstep Institut)
 Andreas Corusa (TU Berlin)
 Benjamin Dittwald (Fraunhofer FOKUS)
 Lisa Hankel (Stromnetz Berlin)
 Dr. Christoph July (devolo)
 Thomas Koller (enersis europe)
 Philipp Lämmel (Fraunhofer FOKUS)
 Dr. Philipp Mahr (Bosch.IO)
 Dr. Georg Meyer-Braune (50Hertz)
 Mark Nigge-Uricher (Bosch.IO)
 Malte Viefhues (WindNODE-PMO)
 Marcus Voß (TU Berlin)
 Dr. Armin Wolf (Fraunhofer FOKUS)

4

Handlungsfeld 4:

Reallabor entwickeln

Entstehung von WindNODE: die ungeahnte Kraft des Pluralismus

Anfang 2015 veröffentlichte das Bundeswirtschaftsministerium (BMWi) die schon länger erwartete Förderbekanntmachung für „Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende“ (SINTEG). Großflächige Schaufensterprojekte wurden gesucht, die zeigen, wie große Mengen Erneuerbarer – perspektivisch 100 Prozent – ins Energiesystem integriert werden können. Das passte perfekt für Nordostdeutschland, wo der Erneuerbaren-Anteil schon zu dieser Zeit weit über dem landesweiten Durchschnitt lag. Die Diskussion um „Nutzen statt Abregeln“ stand im Raum, um die Abschaltung von Wind- und Solarkraftwerken aufgrund von Netzengpässen (sogenanntes Einspeisemanagement) zu vermeiden. Ländliche Windkraft- und Photovoltaikanlagen sollten intelligenter mit den urbanen Lastzentren verbunden werden – „Wind in die Städte“, dank digitaler Plattformen.

Das Cluster Energietechnik Berlin-Brandenburg hatte gemeinsam mit einigen Unternehmen der Energiewirtschaft die Initiative ergriffen und wertvolle Vorarbeit für ein Verbundvorhaben „Windenergie als Beitrag Nordostdeutschlands zur Energiewende“ (WindNODE) geleistet. Eine Projektorganisation oder eine geschlossene WindNODE-Erzählung gab es allerdings noch nicht, und durchaus nicht jeder in Berlin-Brandenburg glaubte damals an den Erfolg einer SINTEG-Bewerbung von WindNODE. Vor allem erschien die Heterogenität der Gruppe – initial rund 30 Unternehmen, Universitäten und Forschungseinrichtungen interessierten sich für WindNODE – als Herausforderung. Welches war die gemeinsame Vision, die über das Einwerben von Fördermitteln hinausging? Konnte man ohne etablierte Managementstruktur gegen die starke und gut organisierte Konkurrenz aus dem Norden, Westen und Süden Deutschlands im SINTEG-Wettbewerb antreten?

Unter den Beteiligten herrschten bemerkenswerter Pragmatismus und Zielorientierung. Schnell einigte man sich auf die Einsetzung eines Lenkungskreises, zunächst mit den Mitgliedern 50Hertz, Berlin Partner,

Siemens, Stromnetz Berlin und ZAB (Zukunftsagentur Brandenburg, heute WFBB). Der Lenkungskreis berief eine Gesamtprojektleitung, mit der gemeinsam er in den kommenden vier Monaten unter erheblichem Zeitdruck die Projektentwicklung steuerte. Dabei gab es nicht die eine, von oben vorgegebene WindNODE-Geschichte. Vielmehr entwickelte sich eine WindNODE-Governance nach dem Gegenstromprinzip: Die Partner brachten ihre individuellen Projektideen ein und behielten weitestgehende Autonomie für ihre Vorhaben, während der Lenkungskreis und die Gesamtprojektleitung diese Puzzleteile in eine Gesamtgeschichte einfügten, die Partnerstruktur komplettierten (teils durch gezielte Akquise neuer Partner, teils auch durch den Abschied von bestehenden) sowie den gemeinsamen organisatorischen, strategischen und kommunikativen Rahmen schufen. Auch wenn nun nicht alle 50 Teilprojekte wie aus einem Guss (top-down) wirken mögen – im Laufe der Zeit hat sich genau dieser breite Ideenpool (bottom-up) als besondere Stärke von WindNODE bewährt.

Was im Februar 2015 als Sprint begonnen hatte, erwies sich als Marathon. Die zwei SINTEG-Antragsphasen zogen sich über fast zwei Jahre hin, bis WindNODE endlich am 6. Dezember 2016 von Staatssekretär Baake den Förderbescheid erhielt. In die erste Phase, Anfang 2015, fielen wichtige strategische Entscheidungen. Zunächst war dies die Erweiterung von WindNODE auf das Gebiet aller ostdeutschen Bundesländer, woraufhin sich dankenswerterweise auch die Regierungschefs aller beteiligten Bundesländer als Schirmherren hinter WindNODE stellten. Energy Saxony und später auch Fraunhofer FOKUS wurden zu Lenkungskreismitgliedern. Und schließlich fand sich 50Hertz bereit, als *Primus inter Pares* die treuhänderische Aufgabe als Verbundkoordinator zu übernehmen und hierfür mit Projektbeginn am 1. Januar 2017 ein eigenständiges Projektbüro einzurichten.

Der Pluralismus hat sich als unerwartet tragfähige Basis der Zusammenarbeit erwiesen – und zwar bereits in der Anfangszeit von WindNODE, als es dafür noch keine vertragliche Basis gab. So haben die beteiligten Unternehmen freiwillig und ohne jegliche Förderung einen mittleren sechsstelligen Betrag aufgebracht, um die Gemeinschaftsaufgaben der Projektentwicklung auf dem Weg zum SINTEG-Schaufenster zu finanzieren. Tiefgreifende Entscheidungen wie die Verteilung der begrenzten Fördermittel auf die vielen Projektideen ließen sich konsensual lösen. Erst zu Beginn der eigentlichen

Projektarbeit, Anfang 2017, schlossen die Verbundpartner einen formalen Kooperationsvertrag.

Aus der frühen Phase der Antragstellung haben wir gelernt, dass es uns im Wettbewerb mit anderen Regionen weder an Qualität noch an Substanz mangelte, sondern allenfalls an Selbstbewusstsein und koordiniertem Vorgehen. Eine der wichtigsten Lehren von WindNODE ist, die ungeahnte Kraft des Netzwerks nutzen zu lernen.

WindNODE- Governance: von *Moving Targets* und *Carrots ohne Sticks*

Es gibt nicht allzu viele Vorbilder dafür, wie man F&E-Verbundprojekte mit über 70 Partnern umsetzt. Klassische F&E-Förderprojekte haben vielleicht eine Handvoll Verbund- und assoziierte Partner, von denen dann einer die recht überschaubaren, vornehmlich administrativen Aufgaben der Verbundkoordination übernimmt. Üblicherweise macht das ein Partner mit hoher Förderquote (beispielsweise eine Universität) und lässt sich den Koordinationsaufwand als Teil der förderfähigen Personalkosten vom Fördermittelgeber erstatten. Das war bei WindNODE anders. Erstens war es viel größer und komplexer – in den Worten eines der Gründungsväter: „ein Sack Flöhe“. Zweitens verstand sich WindNODE stets als Initiative aus der Wirtschaft, die großen Wert auf eine hochprofessionelle und zugleich pluralistische Verbundkoordination legte. Drittens sollte diese Verbundkoordination eben keineswegs nur administrative Aufgaben übernehmen, sondern das Gesamtprojekt inhaltlich vorantreiben, das Netzwerk vertiefen und den Verbund auf den verschiedensten Ebenen, intern und extern, repräsentieren. All dies führte dazu, dass wir bei WindNODE auch im Projektmanagement einiges an Neuland betreten und vieles gelernt haben:

► **Förderprojekte sind keine Schnellboote.** Zwischen dem SINTEG-Förderaufruf und dem WindNODE-Projektbeginn lagen zwei lange Jahre und ein mehrstufiges Antragsverfahren: zunächst eine 40-seitige Projektskizze, dann eine persönliche Präsentation, schließlich eine etwa 80-seitige Gesamtvorhabenbeschreibung (GVB) und geschätzt 2.000 Seiten Teilvorhabenbeschreibungen (TVBs) aller Verbundpartner sowie unzählige sonstige Abstimmungsrunden. Für alle Beteiligten war das Format des „großflächigen Schaufensterprojekts“ neu, sodass gelegentliche Prozess- und Planungsunsicherheiten verständlich sind. Tatsächlich aber bedeutet eine so lange Antragsphase eine finanzielle und moralische Durststrecke

für die Partner und eine permanente Zerreißprobe für den noch jungen Verbund. Vor allem ist es eine Herausforderung, die Projektidee aktuell zu halten, während sich die Energiewirtschaft mit hohem Tempo weiterentwickelt. Begriffe wie „Sektorkopplung“ oder „Blockchain“ kamen so richtig ins Gespräch, als unser Antragsverfahren gerade lief – zu spät, um schon in GVB und TVBs verankert zu sein. Der Projektträger Jülich (PtJ) hat uns stets nach Kräften dabei unterstützt, die notwendige Agilität zu ermöglichen und den Projektzuschnitt an aktuelle Entwicklungen anzupassen, wenngleich das existierende Förderrecht eigentlich nicht für *Moving Targets* gemacht ist.

- **Governance durch starken, neutralen Treuhänder.** Ideen von der Einsetzung einer Verbundkoordination als neuer, eigenständiger Rechtsperson, etwa einer „WindNODE GmbH“ oder eines „WindNODE e. V.“, haben wir aus praktischen und auch förderrechtlichen Gründen verworfen. Stattdessen sollte ein existierender Partner mit der Aufgabe der Verbundkoordination betraut werden – neutral, praxisnah und hochprofessionell, im Sinne des Gesamtverbundes handelnd und mit einer kostendeckenden Finanzierung durch eine von allen Verbundpartnern (also Fördermittellempfängern) zu leistenden Management Fee. 50Hertz hat diese Aufgabe übernommen und unter seinem Dach ein sechsköpfiges, ausschließlich für die WindNODE-Gesamtprojektleitung zuständiges Team eingestellt.
- **Multi-Stakeholder-Management: *Carrots ohne Sticks*.** Es ist eine merkwürdige Dreiecksbeziehung zwischen den Verbundpartnern, der Verbundkoordination (Gesamtprojektleitung) und dem Projektträger. Das eigentliche förderrechtliche Kerngeschäft – Projektbeantragung, Fördermittelauszahlung, Berichtslegung und Kontrolle der Projektfortschritte – erfolgt bilateral zwischen dem Projektträger und dem jeweiligen Verbundpartner (Fördermittellempfänger). Bei alledem ist der Verbundkoordinator nur Zuschauer und hat teilweise noch nicht einmal ein Informationsrecht, sofern der Verbundpartner nicht freiwillig Informationen teilt. Das klassische Projektmanagement wird hier *ad absurdum* geführt, denn wie kann man ohne Durchgriff aufs Budget, ohne verbindliche Berichtslinien und weitgehend ohne formale Sanktionsmöglichkeiten ein Projekt steuern? In der Tat funktioniert Verbundkoordination weniger durch eine straffe, Kennzahlen-basierte Steuerung des Gesamtprojekts als vielmehr durch positive Anreize: Dabei zu sein lohnt sich für die Partner, und sie erkennen, dass Kooperation durch eine Vielzahl von Kontakt- und Profilierungsmöglichkeiten belohnt wird. Die Verbundkoordination ist diejenige Instanz, die aus dem Verbundprojekt mehr als nur eine lose Interessengemeinschaft macht. Anstelle Ziele zu diktieren, organisiert die Verbundkoordination Mehrheiten und Koalitionen von Willigen. Dabei gibt

es eine nicht zu unterschätzende Gruppendynamik unter den Partnern. In letzter Konsequenz verfügt die Verbundkoordination, in Zusammenarbeit mit dem Projektträger, auch über Sanktionsmöglichkeiten. Fast nie haben wir sie gebraucht, sondern meist hat uns überrascht, wie viel konstruktive Beteiligungsbereitschaft selbst ohne formale Verpflichtungen herrscht. Es gehört aber auch zur Wahrheit, dass sich nicht jedes Ziel durchsetzen lässt, dass nicht jeder der über 70 Partner zu Höchstleistungen aufläuft und dass nicht jedes der 50 Teilprojekte ein großer Erfolg wird.

- **Ergebnissynthese gehört in den Fokus.** In der klassischen Förderlogik beschreibt jeder einzelne Verbundpartner eigenständige Projektziele (Outputs) in seiner TVB. Um aus den Arbeitsergebnissen im Verbund „mehr als die Summe seiner Teile“ zu machen, ist allerdings eine gemeinsame Ergebnissynthese unverzichtbar. Diese sollte von Anfang an als kontinuierlicher Prozess angelegt werden. Bei WindNODE haben diese Aufgabe die Koordinierungskomitees (KoKos) in Form projektinterner Gremienarbeit zu übergreifenden Schwerpunktthemen übernommen. Die Arbeit der KoKos hat sich sehr bewährt und beispielsweise zu viel gelobten Veröffentlichungen wie dem „Best-Practice-Manual Flex Identifizieren!“ geführt. Leider hatten wir die KoKos nicht von Anfang an angelegt, sondern erst als Reaktion auf den zwischenzeitlichen Wegfall der übergreifenden SINTEG-Begleitforschung gegründet. Das führte dazu, dass keiner der Partner ein Budget für die KoKo-Arbeit eingestellt hatte, die sich folglich vollständig auf ehrenamtliche, freiwillige Beteiligungen stützen musste.
- **Anschlussperspektiven entwickeln.** Die zeitliche Befristung gehört zum Wesen eines Projekts. Es war vorhersehbar, dass ab einem gewissen Zeitpunkt Auflösungserscheinungen eintreten würden, dass also Partnerorganisationen ebenso wie einzelne Personen beginnen würden, ihren Fokus weg von WindNODE und hin zu neuen Projekten zu richten. Die positive Überraschung bestand darin, dass bei den meisten WindNODE-Partnern selbst in den letzten Projektmonaten noch eine unerwartet hohe Moral und Beteiligungsbereitschaft herrschte. Dennoch war die Personalbindung speziell im letzten Projektjahr herausfordernd. Dies wurde noch verstärkt durch den Ausbruch der Covid-19-Pandemie, welche Prioritätenänderungen bei vielen Partnern erforderte. Doch unabhängig von dieser externen Störung: Um das Momentum eines Projekts wie WindNODE bis zum letzten Tag und darüber hinaus erhalten zu können, müssen rechtzeitig Anschlussperspektiven erkennbar werden. Mit der „1. Lausitz-Konferenz“ (9. September 2019) zur Gestaltung des Strukturwandels in den Kohleregionen ist das zumindest für einen Teil der WindNODE-Gemeinschaft möglicherweise greifbar geworden.

WindNODE als Schaufenster für ostdeutsche Energie- und Wende-Kompetenz

WindNODE richtet sich primär an ein Fachpublikum. Daher stand die Organisation von breiter Partizipation im Sinne zivilgesellschaftlicher Mitbestimmung nicht im Fokus unserer Arbeit, ebenso wenig wie die Entwicklung spezifischer Produkte oder Dienstleistungen für Endkunden. Die Aktivierung und Involvierung unterschiedlichster Zielgruppen war jedoch Gegenstand der vielfältigen, teils experimentellen Ansätze in unserem Arbeitspaket 9 „Partizipation und Dissemination“, unterstützt durch die Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit der Verbundkoordination. Bei WindNODE hat sich ein übergreifendes Handlungsfeld „Energie und Gesellschaft“ herausgebildet, welches folgende Aspekte umfasst:

- **WindNODE-Narrativ: Kompetenz für Energie und Wende.** Für das Gesamtprojekt haben wir an einem Narrativ gearbeitet, das den Fokus auf die Besonderheiten unserer Region legte und die Chancen durch die Energiewende herausstellte: Mit über 60 Prozent Erneuerbaren im Strommix (Stand 2019) sind wir deutschlandweiter Pionier der Energiewende, und zugleich empfehlen wir uns in besonderer Weise durch unsere Transformationserfahrung. Energiewende ist nicht nur eine klimapolitisch motivierte Notwendigkeit, sondern auch und insbesondere eine industriepolitische Chance. In diesem Geiste standen unsere übergreifende Projektkommunikation, Öffentlichkeitsarbeit sowie unser sehr aktives (und in mehreren Ländern, beispielsweise Japan, durchaus erfolgreiches) Bemühen darum, Nordostdeutschland international stärker als Energiewende-Modellregion zu profilieren. Unsere Projektkommunikation (z. B. Website, Jahrbuch, Syntheseberichte und herausgehobene Formate wie die „WindNODE konkret“-Reihe) war durchgängig zweisprachig in Deutsch und Englisch.
- **Besuchbare Orte: „Show and Tell“ für unsere Energiewendekompetenzen.** Ein zentrales Element unserer WindNODE-Kommunikation sind die rund 30 „besuchbaren Orte“, an denen viele unserer Demonstratoren und Musterlösungen erlebbar werden. Der interessierten Öffentlichkeit (speziell auch Schulen) haben wir damit ein Angebot gemacht, unsere Faszination für die Energiewende nachzuempfinden

und das Thema der „Flexibilitäten“ an verschiedenen Stationen zu erkunden – erlebbare Energiewende als touristische Attraktion. Für ein nationales und internationales Fachpublikum ist ein sichtbares Kompetenznetzwerk für Energiewende entstanden, welches der Profilierung der gesamten Region dient. Beide Ansätze haben sich sehr bewährt und sind gut angenommen worden. Bindeglied unserer besuchbaren Orte war die Wanderausstellung „WindNODE live!“, federführend organisiert von Berlin Partner, die Stationen in der gesamten Modellregion und bei diversen Messen und überregionalen Anlässen hatte.

- ▶ **Einladungen zum Mitmachen.** Auch wenn WindNODE im Kern kein Publikumsformat war, so haben wir dennoch bei verschiedenen Gelegenheiten zum Mitmachen eingeladen. Neben den besuchbaren Orten und den vielfältigen Informationsangeboten (beispielsweise unsere magazinartigen Projektpräsentationen „WindNODE konkret“) waren einige der Highlights: die Energyhacks von Stromnetz Berlin, bei denen sich IT-Entwickler und Vordenker einbringen und gemeinsam an einer nachhaltigeren Stromversorgung und an digitalen Zukunftsstrategien arbeiten konnten; die WindNODE Challenge als Ideen- und Technologiewettbewerb von Berlin Partner; das Bürgergutachten zur CO₂-Bepreisung von der TU Berlin sowie das Lernspiel „Hertzschlag“ von Stromnetz Berlin.
- ▶ **Kulturelle Ästhetik der Energie.** Zugegeben, das Thema steht auf den ersten Blick nicht im fachlichen Zentrum von WindNODE. Und dennoch zeigte es sich, dass es in der WindNODE-Community viele aus tiefer Überzeugung bewegte: Wie können wir es schaffen, unsere eigene Leidenschaft für die Energiewende an breitere Gruppen weiterzugeben? Wie können wir an Energiewende-Narrativen arbeiten, die sich nicht nur aus klimapolitischer Notwendigkeit, sondern aus industriepolitischen Chancen, ja vielleicht sogar einem „Man-on-the-moon“-Moment speisen (um Peter Altmaiers Vergleich der deutschen Energiewende mit der amerikanischen Mondlandung aufzugreifen)? Diese Fragen sind noch keineswegs abschließend beantwortet. Wir haben sie allerdings explorativ in verschiedenen Experimenten bearbeitet, beispielsweise: das Projekt „Energie und Kunst“, bei dem 50 Gemälde zum zukünftigen Energiesystem jeweils aus dem Diskurs von Energiefachleuten mit Künstlerinnen und Künstlern entstanden sind; „Energy meets Art“, welches einen Bogen von Szenariostudien für das zukünftige Energiesystem über die kreative Visualisierung bis hin zum breiten Stakeholderdialog schlägt; sowie die „e-stories“, welche über zwei Jahrhunderte hinweg die literarische Rezeption energietechnischer Themen untersuchen. Mehr dazu ist in unserem Special Feature ab Seite 220 nachzulesen.

Mehr als ein F&E-Projekt: Netzwerk und Reallabor für Energiesystemtransformation

Vordergründig ist SINTEG ein Programm zur Förderung der anwendungsnahe Energieforschung, aus dem rund 37 Millionen Euro an WindNODE flossen. Diese finanzielle Förderung war wichtig, und dennoch erscheint sie moderat, gemessen an den Maßstäben der Energiewendeherausforderungen. Für die Projektpartner gab es eine Reihe ideeller Gründe für die Beteiligung bei WindNODE, die individuell unterschiedlich gewichtet, in ihrer Gesamtheit aber gewiss mindestens ebenso bedeutend wie die finanzielle Förderung waren:

- ▶ **Klammer für nordostdeutsche Energiewende.** Ein Partner beschreibt WindNODE als „exzellentes Kompetenznetzwerk, das gezeigt hat, dass die Energiewende funktioniert, wenn Partner aus verschiedenen Disziplinen gemeinsam an Lösungen arbeiten.“ Ein solches Ökosystem, speziell übergreifend für ganz Nordostdeutschland, gab es zuvor nicht. In großen, praxisnahen Wertschöpfungsnetzwerken konnten Demonstratoren *in vivo* umgesetzt werden und Technik, Markt und Regulatorik einbeziehen – so beispielsweise bei der Verknüpfung unserer Flexibilitätsoptionen über innovative IT-Plattformen mit den verschiedenen Flexibilitätsmärkten. *„Mit dem Rückenwind von WindNODE konnte die Integration der verschiedenen Energiesektoren (...) einen Schritt vorangebracht werden“*, fasst es ein Partner zusammen.
- ▶ **Regulatorische Experimentierklausel.** Erstmals wurde in einem Energieforschungsprogramm der regulatorische Rahmen zum Teil des Experiments (vgl. hierzu S. 55 zur SINTEG-Verordnung). Das allein war für mehrere Partner Grund genug, bei WindNODE mitzumachen – einige (assoziierte) Partner haben sich sogar gänzlich ohne finanzielle Förderung beteiligt. Die Innovationsfreiheiten einer regulatorischen Experimentierklausel bei SINTEG waren starke Teilnahmeanreize. Dazu gehört auch die Gelegenheit zum Austausch mit der Bundes- und Landespolitik als direkte Adressaten der WindNODE-Arbeit.

- ▶ **Fruchtbare Netzwerk.** Ein Projektpartner schreibt: *„WindNODE ist der Ausgangspunkt für zahlreiche neue Projektideen und Vorhaben zur Energiewende, wie die Einbeziehung von Rechenzentren in Flexibilitätskonzepte oder die Nutzung KI-basierter Plattformen zur Steuerung und Versorgung von Wohnquartieren.“* WindNODE hat über den eigentlichen Forschungsgegenstand hinausgewirkt und ein Netzwerk geschaffen, das sich für viele Partner als überragender Mehrwert des Verbundprojekts erwiesen hat (vgl. auch die Ergebnisse der SINTEG-Evaluation, siehe Abbildung unten). Ein Partner lobt die *„Sogwirkung eines großen Schaufensterprojekts mit Zusammengehörigkeitsgefühl in unserer Region und ein lebendiges Netzwerk von Partnern, die auch in Zukunft in innovativen Zusammenhängen kooperieren werden“*; ein anderer stellt *„größeres Vertrauen der unterschiedlichen Akteure zueinander für gemeinsame Lösungen“* fest.
- ▶ **Reputation.** WindNODE strahlt aus. Die Sichtbarkeit eines großen Schaufensterprojekts ist zweifellos ein Teilnahmeanreiz. Die beteiligten Partner hatten die Gelegenheit, sich gegenüber den Stakeholdern vor Ort ins beste Licht zu setzen und sich dem nationalen und internationalen Fachpublikum zu präsentieren.

Unser Online-Auftritt, die besuchbaren Orte, Messepräsenzen (mehrfach z. B. bei der E-World), Politikdialoge, internationalen Roadshows und vieles mehr haben dazu beigetragen. Partner sprechen von *„Demonstratoren, die die Sichtbarkeit und die Bedeutung der Energiewende (...) erhöhen können“*. Speziell unter unseren KMU-Partnern gibt es schöne Erfolgsbeispiele dafür, wie die Visibilität als Teil des WindNODE-Netzwerks zu Neugeschäft und Folgeprojekten geführt hat.

Wenn nun über zukünftige „Reallabore der Energiewende“ oder über die Gestaltung des Strukturwandels in ehemaligen Kohleregionen gesprochen wird, bieten sich diese Erfahrungen als methodische Blaupausen an. Denn Reallabore bedeuten mehr als nur ein hohes Technology Readiness Level der präsentierten Musterlösungen, und Strukturwandel wird nicht allein mit Fördergeld gelingen. Nach unserer Erfahrung sind bewährte Erfolgsfaktoren und Definitionsmerkmale von Reallaboren das starke Netzwerk, die rahmengebende und exzellente Managementstruktur, der regulatorische Freiraum sowie der Aufbau attraktiver Leuchtturmprojekte in einer weithin sichtbaren Modellregion.

Autor: Markus Graebig (WindNODE-PMO)



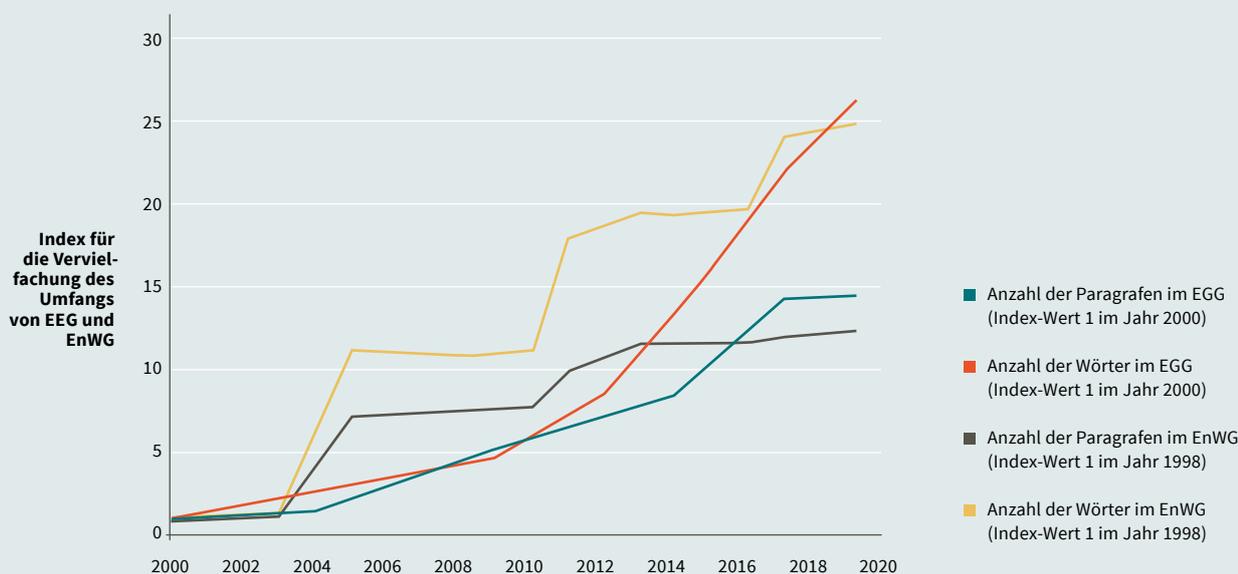
▲ Mehrwert des Schaufensteransatzes. Befragung aller SINTEG-Schaufenster: „Was ist für Sie der bisher realisierte Mehrwert der Einbindung Ihres Projekts in ein Schaufenster?“
Quelle: Kerlen Evaluation 2019.

EXKURS

Die regulatorische Experimentierklausel SINTEG-V

Energierrecht als Katalysator oder Inhibitor der Energiewende

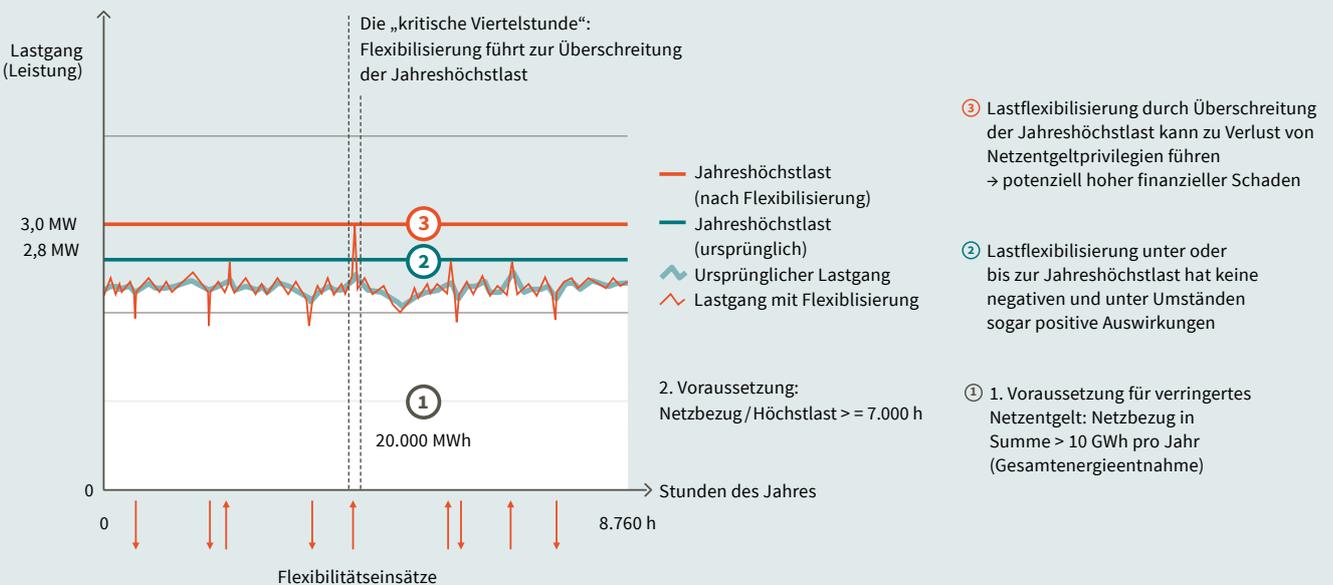
Energiewirtschaft ist eine hochgradig regulierte Branche. Der energierechtliche Rahmen geht Hand in Hand mit energiewirtschaftlichen Geschäftsmodellen. Wer neu in der Branche ist, staunt gewöhnlich über die beeindruckende Komplexität des Energierichts – und über seine innovationslenkende Wirkung. So hat beispielsweise das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vor rund 20 Jahren einen wahren Innovationsschub entfesselt, der Deutschland über Jahre zum Weltmeister des Erneuerbaren-Ausbaus gemacht hat.



▲ Die Komplexität hat enorm zugenommen – Wachstum der energierechtlichen Normen im Lauf von zwei Jahrzehnten. So hat sich beispielsweise der Umfang des EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz), gemessen an der Anzahl der Worte, innerhalb von 20 Jahren fast ver-25-facht.
Quelle: Kalis/Dittmar: Quo vadis Energiewenderecht? TaTuP 28/3(2019) m.w.N.

Modernisierungsstaus im Energierecht können aber auch zur Innovationsbremse werden, wie dieses Beispiel zeigt: Die Stromnetzentgeltverordnung (StromNEV) regelt die von Stromkunden zu entrichtenden Stromnetzentgelte, welche Teil einer jeden Stromrechnung sind. Für lastganggemessene Verbraucher – also eine Vielzahl von industriellen und gewerblichen Stromkunden, deren tatsächlicher Stromverbrauch Viertelstunden-scharf erfasst wird – sieht die StromNEV in bestimmten Fällen erhebliche Nachlässe in den Stromnetzentgelten vor, beispielsweise das „individuelle Netzentgelt“ gemäß § 19 Absatz 2 Satz 2 StromNEV. Wer demnach pro Kalenderjahr mindestens 10 Gigawattstunden (GWh) Strom bezieht und damit eine Benutzungsstundenzahl von 7.000 Stunden im Jahr erreicht (zum Vergleich: ein ganzes Jahr hat 8.760 Stunden), zahlt ein reduziertes Netzentgelt, mindestens jedoch 20 Prozent des regulären Netzentgelts. Bei 8.000 Benutzungsstunden sinkt dieser Wert sogar auf bis zu 10 Prozent. Die Zahl der Benutzungsstunden berechnet sich aus der pro Jahr bezogenen Energiemenge (in GWh), geteilt durch die jährliche Spitzenlast (in MW). Und genau hier liegt der Haken: die StromNEV setzt einen Anreiz für ein sehr kontinuierliches Lastverhalten. Würde ein Kunde seine Stromabnahme auch nur in einer einzigen Viertelstunde

deutlich steigern und damit die Jahreshöchstlast erhöhen, liefe er Gefahr, die Schwelle der 7.000 oder 8.000 Benutzungsstunden zu unterschreiten und damit seine Netzentgeltprivilegien zu verlieren. Das wird in der Grafik illustriert: Dargestellt ist ein fiktiver Verbraucher, der eine jährliche Gesamtenergieentnahme von 20 GWh erreicht (① im Leistungs-Zeit-Diagramm entspricht die Energiemenge der Fläche unter dem Graphen). Aufgrund der ② Jahreshöchstlast von 2,8 MW ergibt sich eine Benutzungsstundenzahl von $20.000 \text{ MWh} / 2,8 \text{ MW} \approx 7.143 \text{ h}$. Damit sind beide Bedingungen erfüllt: Gesamtenergieentnahme über 10 GWh, Benutzungsstundenzahl über 7.000, also ein bis auf 20 Prozent reduziertes, individuelles Netzentgelt. Angenommen, durch Flexibilisierungsmaßnahmen wird nun zu einigen Zeitpunkten des Jahres der Lastverlauf verändert (③ roter Lastgang in Abweichung vom ursprünglichen, grauen Lastgang), dann ergibt sich daraus in einer einzigen Viertelstunde, in der aufgrund besonders hohen Windangebots eine hohe flexible Last bezogen wird, eine neue Jahreshöchstlast von 3 MW. Folglich sinken die Benutzungsstunden auf $20.000 \text{ MWh} / 3 \text{ MW} \approx 6.667 \text{ h}$ und damit unter die Schwelle von 7.000 Stunden, was dazu führen kann, dass anstelle von (minimal) 20 Prozent Netzentgelt nun 100 Prozent zu zahlen sind.



▲ Potenzieller Verlust der Netzentgeltprivilegien der 7.000-Stunden-Regel durch Lastflexibilisierung.
Quelle: Eigene Darstellung.

Das kann erhebliche Mehrkosten bedeuten, deshalb gilt es, dies zu vermeiden – und darauf sind existierende Energiemanagementsysteme optimiert. Ganz im Gegensatz zu dieser regulatorisch getriebenen Optimierung steht das „Nutzen statt Abregeln“-Prinzip, die Idee also, erneuerbare Erzeugungsspitzen im Moment ihres Auftretens zu nutzen, anstelle die Erzeugung aufgrund von Netzengpässen zu drosseln (das sind dann die bei schönstem Wind stillstehenden Windräder). Wenn beispielsweise der Betreiber eines Kühlhauses seine Kühlaggregate bei günstigen Windbedingungen auf Volllast schaltet, um den üppig und preiswert verfügbaren Strom aus Windkraft als Kälte einzuspeichern, kann ihn das im ungünstigsten Fall über die verlorenen Netzentgeltprivilegien teuer zu stehen kommen. Ein weiteres Beispiel ist die EEG-Umlage, die als Teil des Strompreises anfällt und regulär fast

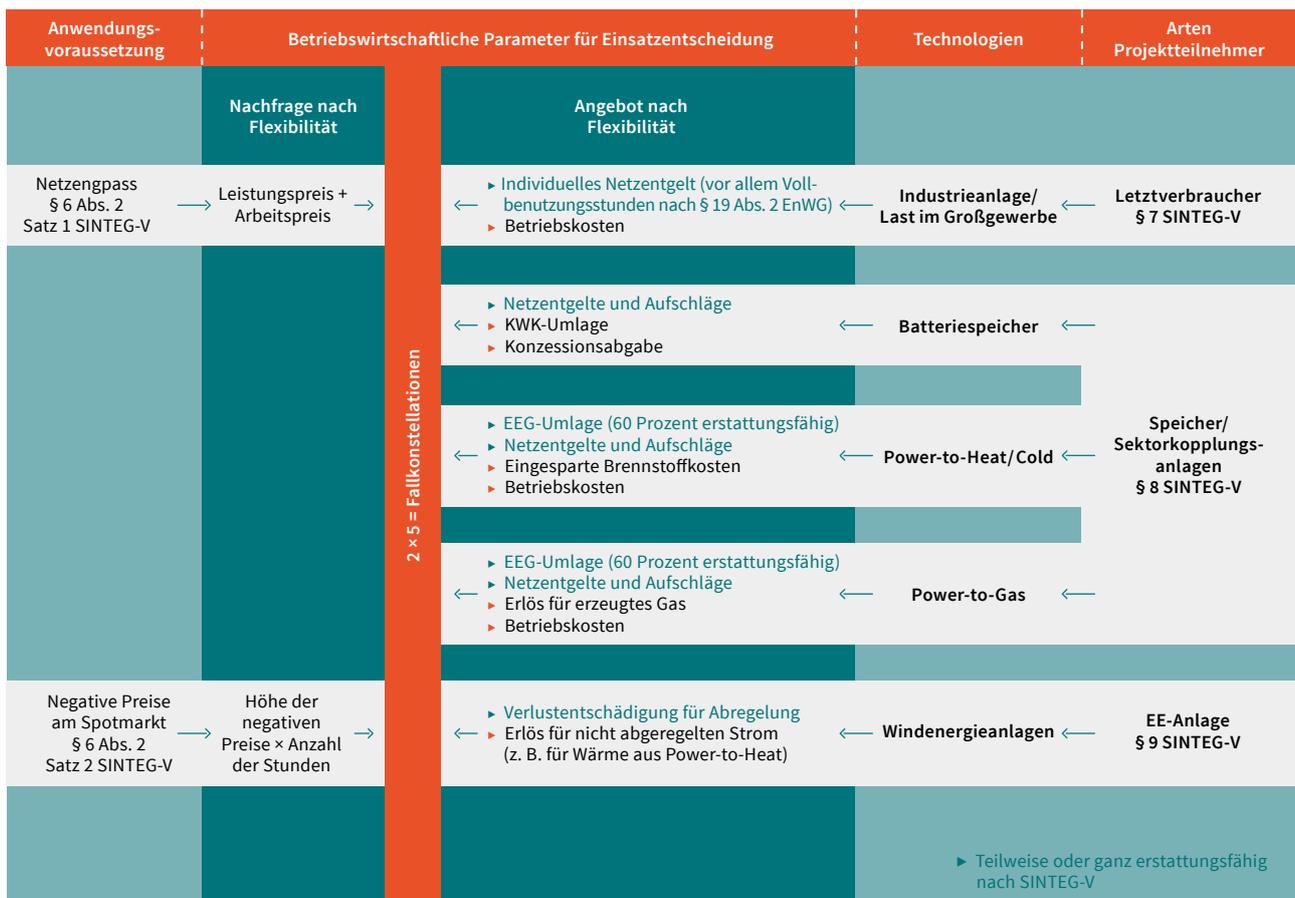
7 Ct/kWh beträgt, mehr also als der gesamte Preis für eine Kilowattstunde Erdgas. Das macht eine Ablösung von Gasheizungen durch elektrische Heizungen („Power-to-Heat“ bzw. PtH) in vielen Fällen wirtschaftlich unattraktiv – und zwar auch und gerade in denjenigen Fällen, wo eine PtH-Anwendung eine technisch einfache und ökologisch sinnvolle Nutzung für grüne Erzeugungsspitzen bieten könnte, die ansonsten ungenutzt abgeregelt werden müssen. Beide Beispiele zeigen: Der geltende regulatorische Rahmen kann zum Hindernis systemisch sinnvoller und technisch verfügbarer Lösungen für das Energiesystem der Zukunft werden. Und obwohl die skizzierten Probleme in Fachkreisen seit Langem bekannt und tatsächlich auch in der politischen Diskussion sind, kann die Modernisierung des energierechtlichen Rahmens langwierig und mühsam sein.

Regulatorische Experimentierklausel schafft Freiraum für Energiesysteminnovation

Das hat unmittelbare Auswirkungen auch auf ein F&E-Projekt wie SINTEG. Denn regulatorische Hemmnisse können so schwer wiegen, dass bestimmte Innovationen noch nicht einmal als Modellprojekte umgesetzt werden. Das kann beispielsweise für die netz- und systemdienliche Flexibilisierung industrieller Lasten oder für die Sektorkopplung (Power-to-Heat, Power-to-Gas, Power-to-X) gelten: technisch machbar, systemisch sinnvoll, in der Errichtung sogar finanziell förderfähig – aber im Betrieb eine regulatorische Last. Ein Dilemma. Einen Ausweg hat der Deutsche Bundestag Ende 2016 mit dem § 119 EnWG (Energiewirtschaftsgesetz) geschaffen. Auf Basis dieser Verordnungsermächtigung konnte das BMWi Anfang 2017 die „Verordnung zur Schaffung eines rechtlichen Rahmens zur Sammlung von Erfahrungen im Förderprogramm Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende“ (kurz SINTEG-V) erlassen. Sie wird auch als „regulatorische Experimentierklausel“ (englisch: „regulatory sandbox“) bezeichnet, weil sie Projektbeteiligten der SINTEG-Schaufenster das Testen von Anwendungsfällen erlaubt, die im bestehenden Rechtsrahmen sonst nicht möglich wären. Zwei konkrete Problemfälle, welche die SINTEG-V (teilweise) löst, wur-

den eingangs skizziert; eine Übersicht weiterer Fallkonstellationen für die Anwendung der SINTEG-V zeigt die Abbildung auf S. 58.

Im Kern schafft die SINTEG-V einen Nachteilsausgleich. Unternehmen und Organisationen, die Flexibilität bereitstellen und sich dadurch system- und netzdienlich verhalten, nehmen dafür zunächst einmal monetäre Nachteile in Form der EEG-Umlage oder durch den Verlust von Netzentgeltprivilegien in Kauf. Die SINTEG-V garantiert den SINTEG-Teilnehmern dann eine nachträgliche Kompensation für die erlittenen monetären Nachteile, welche nach Antrag bei der Bundesnetzagentur (BNetzA) durch den zuständigen Netzbetreiber am Ende eines Jahres ausgezahlt wird.



▲ Fallkonstellationen für die Anwendung der SINTEG-Verordnung. Quelle: Ecologic Institute.

Durch die SINTEG-V sollen Betreiber von Anlagen also effektiv so verfahren, als ob flexibilitätsbedingte Erhöhungen bei den Netzentgelten und bei der EEG-Umlage durch die Flexibilitätsbereitstellung nicht einträten. Die gegenüber dem Referenzzustand mehr gezahlten Netzentgelte sind dabei zunächst vollständig zu entrichten, im nachfolgenden Verfahren jedoch voll erstattungsfähig. Gleiches gilt im Fall von Sektorkopplungsanlagen oder Speichern im Hinblick auf die EEG-Umlage, die unter bestimmten netz- bzw. systemdienlichen Einsatzszenarien zu 60 Prozent erstattet wird. Wirtschaftliche Vorteile erlaubt die SINTEG-V explizit nicht, d. h., eventuell erzielte zusätzliche Gewinne aufgrund der Nutzung der SINTEG-V sind grundsätzlich ausgeschlossen (vgl. § 10 SINTEG-V).

Eine echte „regulatorische Experimentierklausel“ ist die SINTEG-V damit eigentlich nicht, sondern tatsächlich nur ein Nachteilsausgleich. In einem wichtigen Punkt schafft die SINTEG-V aber tatsächlich explizit Raum für Neues: Nach der Ausnahmeregelung in § 5 SINTEG-V, welche § 13 Abs. 6 EnWG modifiziert, dürfen Verteilungsnetzbetreiber Flexibilitätsplattformen erstellen und koordinieren, ohne dass alle anderen Verteilungsnetzbetreiber involviert sein müssen. Das war eine wichtige Grundlage für die Entstehung von Flexibilitätsplattformen bei SINTEG.

SINTEG-V war ein Erfolg – und hat dennoch Schwächen

Viele Projektpartner hat allein die Aussicht auf die Nutzung des Nachteilsausgleichs gemäß SINTEG-V zur Teilnahme an WindNODE bewogen – in einigen Fällen auch ganz ohne Fördermittelzuweisung („assoziierte Partnerschaft“). Auch im Ausland, wo vielerorts über „regulatory sandboxes“ diskutiert wird, ist die SINTEG-V regelmäßig auf hohes Interesse gestoßen. Ein konkretes Anwendungsbeispiel kommt vom WindNODE-Verbundpartner ENERTRAG: Den Ort Nechlin (Nordbrandenburg) beheizt das Unternehmen praktisch CO₂-frei mit Strom aus Erzeugungsspitzen aus seinem benachbarten Windpark, der ansonsten aufgrund von Netzengpässen abgeregelt worden wäre, und speichert Wärme in einem eigens errichteten Wärmespeicher (als „besuchbarer Ort“ zu besichtigen). Möglich wurde dies nur mithilfe der SINTEG-V.

Die SINTEG-V war wichtig für die Konstitution von WindNODE, auch wenn sich im späteren Verlauf gezeigt hat, dass ihre Wirkung hinter den Erwartungen zurückblieb und sie daher letztendlich nur in wenigen Fällen genutzt wurde. Schwierigkeiten haben sich an folgenden Punkten gezeigt:

1. Relativ kurze Geltungsdauer der Verordnung.

Die in 2017 verabschiedete Verordnung war bis Mitte 2022 befristet. Für viele Partner verkürzte sich die ohnehin kurze Laufzeit auf eine praktische Nutzungsdauer von weniger als drei oder in einigen Fällen sogar nur ein bis zwei Jahren, nachdem die ersten Projektjahre auf Vorbereitungs- und Planungsprozesse entfielen. Damit sich kostenintensive Investitionsgüter rechnen, werden längere Zeiträume benötigt. Auch am vorgenannten Beispiel aus Nechlin zeigt sich: Die wirtschaftliche Zukunft der Anlage nach dem Auslaufen der SINTEG-V ist ungewiss.

2. Administrativer Aufwand. Das Antragsverfahren zur Nutzung der SINTEG-V geht mit hohem bürokratischem Aufwand einher. Zunächst muss die Projektstätigkeit bei der Bundesnetzagentur (BNetzA) angezeigt werden. Um einen Antrag auf Nachteilsausgleich stellen zu können, muss ein Anspruchsfeststellungsantrag eingereicht werden, der nur im Kalenderjahr, das auf die Projektstätigkeit folgt, gestellt werden kann. Alle anrechenbaren Vorteile müssen im Antrag enthalten sein. Die Richtigkeit der Angaben muss durch einen Wirtschaftsprüfer bestätigt werden, für den der Antragsteller in Vorleistung gehen muss. Wirtschaftsprüferkosten, die für die notwendige Testierung anfallen, können vollständig von den wirtschaftlichen Vorteilen abgezogen werden.

3. Keine Wirtschaftlichkeit trotz Privilegierung.

Die Nutzung ist auf die Erstattung entstandener Nachteile ausgelegt. Dadurch gehen Betreiber zunächst ein Risiko ein, weil sie die Anlagen ex ante bei Ungewissheit über die Höhe und die Genehmigung des Nachteilsausgleichs unrentabel fahren. Positive wirtschaftliche Anreize werden durch die SINTEG-V nicht gesetzt, sondern vielmehr im Rahmen der wirtschaftlichen Nachteilerstattung sogar angerechnet. Dadurch, dass keine Gewinne aus der Nutzung der SINTEG-V entstehen dürfen, können sich etwaige Verluste auch nicht bilanziell ausgleichen.

4. Enger Anwendungsbereich. Aufgrund der Teilnahmevoraussetzungen und der hohen bürokratischen Hürden ist die Nutzung der SINTEG-V für kleinere Verbraucher und Haushalte nicht praktikabel. Darüber hinaus werden nicht alle Technologien der SINTEG-Schaukenster angesprochen. Erschwerend kommt hinzu, dass der Nachteilsausgleich der SINTEG-V auf die Zeiträume, in denen die eng gesteckten Anwendungsbedingungen schon heute auftreten, beschränkt ist. Das ist z. B. bei negativen Großhandelsstrompreisen noch selten der Fall.

Moderne Spielregeln können kraftvoller als Fördergeld sein

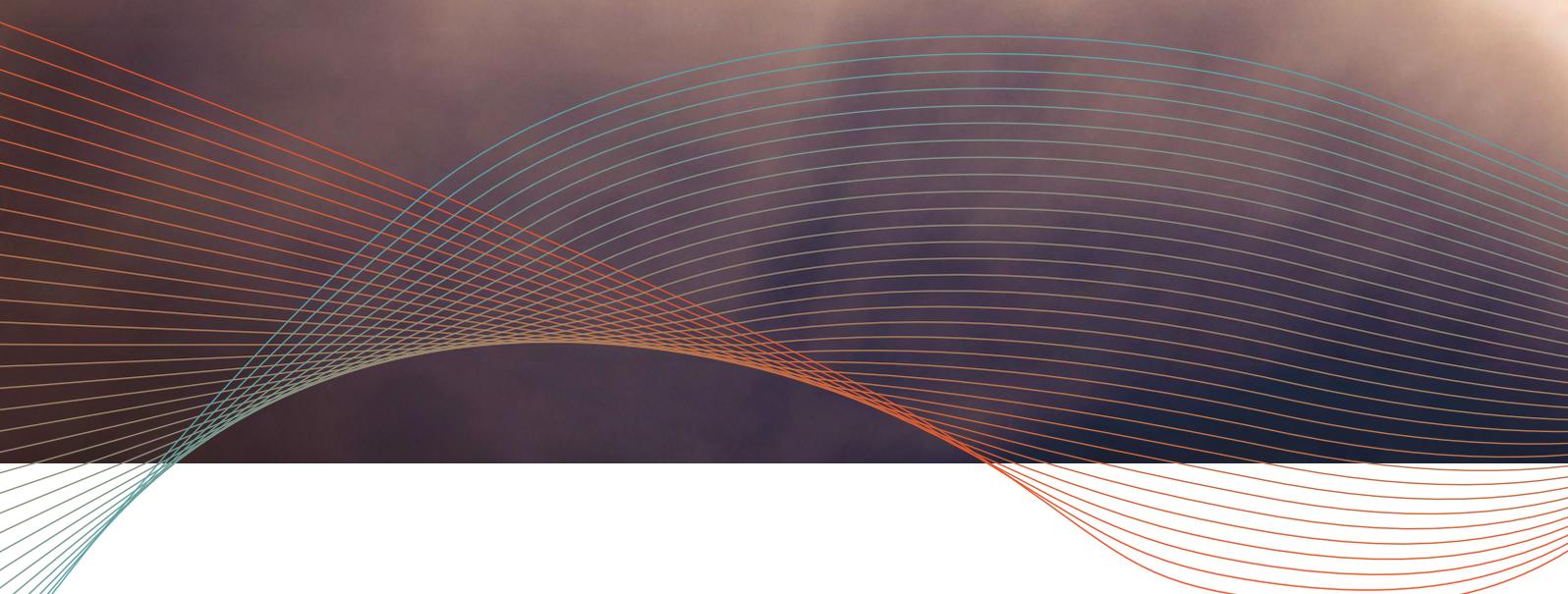
Der Gesetzgeber hat mit der Einführung der SINTEG-V Mut bewiesen und ein Novum geschaffen. Trotz aller Optimierungspotenziale bleibt die SINTEG-V ein wichtiger Erfolgsfaktor in der Genese der SINTEG-Schaukenster. „Regulatorisches Lernen“ bedeutet nun, auch aus unseren Erfahrungen mit der Nutzung der SINTEG-V Lehren zu ziehen. Regulatorische Experimentierklauseln sind ein mächtiges Instrument – sie schaffen Freiräume für den Blick auf systemisch sinnvolle Lösungen, und sie sind als Innovationskatalysatoren wirkungsvoller als manche Fördermillion. Diese Erkenntnis sollte für zukünftige Reallabore ebenso berücksichtigt werden wie für die Gestaltung des großen Strukturwandels durch den anstehenden Ausstieg aus der Kohle.

An diesem Beitrag haben mitgewirkt:

Hannes Doderer (IKEM)

Markus Graebig (WindNODE-PMO)

Niko Rogler (WindNODE-PMO)



Beteiligte Partner





60 – 71



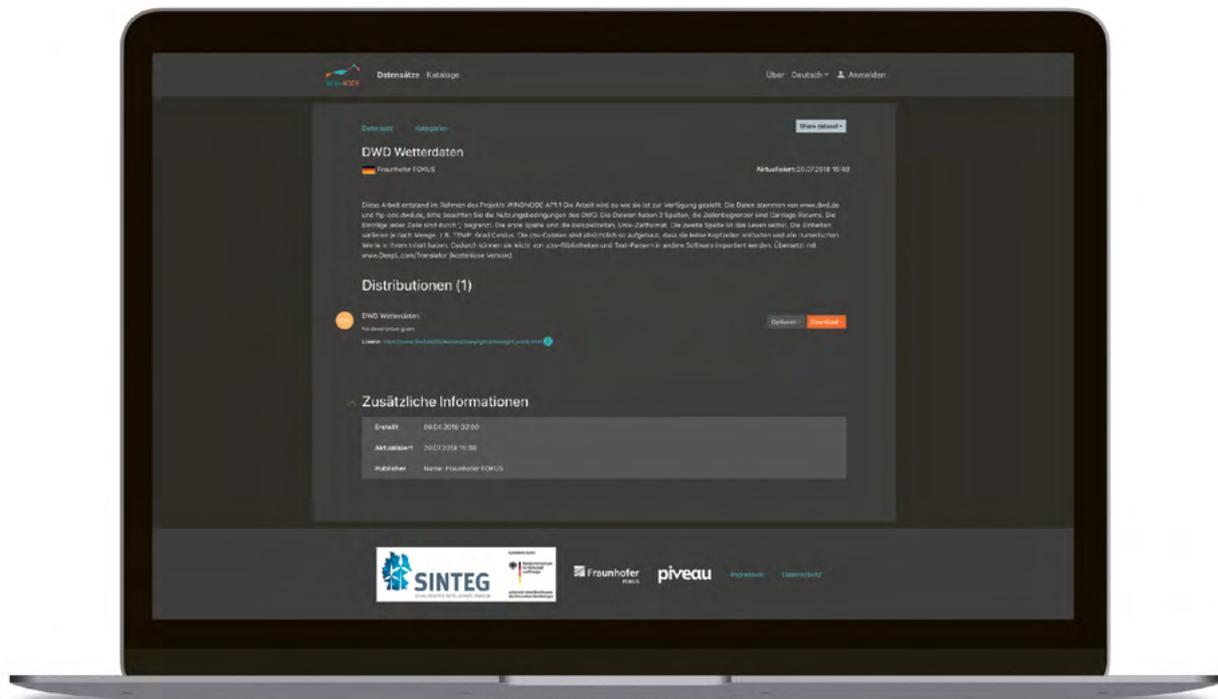
IKT-Vernetzungsplattform

Die Energiewende erfordert Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), die basierend auf standardisierten Schnittstellen die Kommunikation in einem zunehmend dezentralisierten Energiesystem ermöglichen.

Nur so können wir die verschiedenen Akteure intelligent und sicher vernetzen und anfallende Daten effizient nutzen. In diesem Arbeitspaket entwickeln wir dafür eine Energiedaten- und Energiedienstplattform, öffnen Marktzugänge für neue Flexibilitätsanbieter und machen Datenströme für Start-ups und Verbraucher transparent.



Das Arbeitspaket 1 wird von Dr. Alexander Willner (Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS) ehrenamtlich koordiniert.



▲ Screenshot der Detailsicht eines Datensatzes aus dem Energiedatenmarkt.

Vernetzung im digitalisierten Energiesystem

Zur Vernetzung im digitalisierten Energiesystem bedarf es flexibler IKT-Infrastrukturen. Fraunhofer FOKUS übernimmt hierbei den Entwurf, die Umsetzung und den Pilotbetrieb einer Energiedaten- und Energiedienstplattform sowie die Bereitstellung eines privaten Blockchain-Netzwerks. Den Ideen von Marktplatz und Plattformökonomie folgend, werden den WindNODE-Partnern technische Bausteine bereitgestellt, die auf offenen Standards basieren. Damit wird den Akteuren ein interoperabler und sicherer Datenaustausch bei geringen Integrationskosten ermöglicht.

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Verteilter Datenaustausch als Enabler der Energiewende**

Derzeit basieren Systeme zum Datenaustausch häufig auf bilateralen Absprachen und proprietären Schnittstellen sowie Datenmodellen, die für Dritte in der Regel entweder nicht zugänglich gemacht werden oder nur mit großem Aufwand verwertet werden können, wodurch Daten und darauf aufbauende Dienste im Sinne der Plattformökonomie nicht intelligent miteinander vernetzt und die Energiewende nicht vorangebracht werden können. Daher haben wir uns das Ziel gesetzt, eine Plattform zu entwickeln, die die notwendigen Bausteine (Basisdienste) zur Verfügung stellt, um Energiedaten und darauf aufbauende energiewirtschaftlich relevante Dienste offen, standardisiert, gefördert, interoperabel, sicher, flexibel und skalierbar zu vernetzen. Dieser erweiterbare Ansatz dient dem Aufbau von Energiedatenmarktplätzen und als Grundlage für zukünftige Prozess- und Geschäftsmodelle energiewirtschaftlicher Akteure, welche im Rahmen des Projekts mit Partnern exemplarisch initiiert wurden. Das technologische Konzept von GAIA-X – der aktuellen Initiative für „europäische Datensouveränität“ greift ebenfalls diese Begriffe auf und ist damit ein Beleg dafür, dass der Architekturansatz in TAP 1.1 zukunftssicher ist.



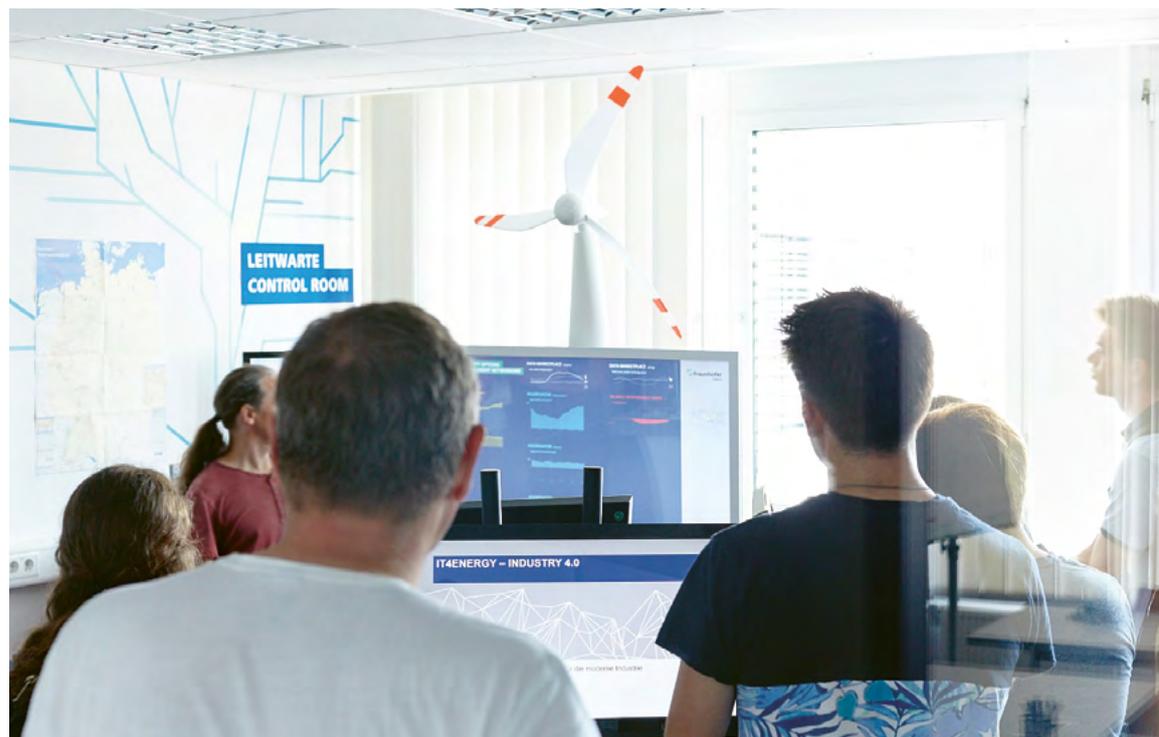
potenzielle Use Cases für eine Blockchain-Technologie in der Energiewirtschaft



„Die Energiewende ist ein wichtiger Baustein für eine nachhaltige Entwicklung im Sinne einer ökologisch intakten, ökonomisch erfolgreichen und sozial ausgewogenen Welt. Dieser Verantwortung fühlen wir uns verpflichtet, und durch unsere Arbeiten tragen wir einen Teil zu einer offenen Vernetzung aller Akteure bei, die eine zwingende Grundlage für diese digitale Transformation des Energiesystems darstellt.“

Dr.-Ing. Alexander Willner
Fraunhofer-Institut für
Offene Kommunikationssysteme FOKUS

- Gäste im besuchbaren Ort bei Fraunhofer FOKUS in Berlin.



► PROJEKTERGEBNISSE // **Prototypen zum Blockchain-basierten Handel und zur Veröffentlichung und Anonymisierung von Energiedaten**

Die zwei wichtigsten Ergebnisse des Arbeitspakets sind zum einen der Entwurf, die Entwicklung der technischen Komponenten und der Pilotbetrieb eines Energiedaten- und Dienstemarktplatzes und zum anderen die Evaluation der Blockchain-Technologie im Smart-Energy-Kontext, insbesondere im Rahmen des Flexibilitätshandels.

Beispielsweise wurden im Energiedatenmarktplatz energierelevante Daten – Einspeisedaten von Stromnetz Berlin, DWD Wetterdaten, Lastdaten vom Siemenswerk Berlin – zur Verfügung gestellt, die von weiteren WindNODE-Partnern weiterverarbeitet werden konnten. Um den sicheren Datenaustausch gewährleisten zu können, wurden sowohl ein Rechtemanagement als auch eine auf den entwickelten Sicherheitskonzepten basierende Kommunikation prototypisch umgesetzt. Um eine interoperable Lösung zu erstellen, wurde hierbei der aktuelle Stand der Technik untersucht und evaluiert. Konkret wurde OAuth2, ein etablierter, offener Standard, ausgewählt, um die Authentifizierung und Autorisierung von zugelassenen Nutzern des Energiedatenmarktplatzes sicherzustellen. Ebenfalls wurde der Energiedatenmarktplatz dahingehend erweitert, dass dieser die Möglichkeit besitzt, Daten zu speichern und über wohldefinierte Schnittstellen zur Verfügung zu stellen. Auch hier galt das Paradigma, dass ein hoher Grad an Interoperabilität erreicht werden sollte, welcher durch den Einsatz von offenen Standards und Programmierprinzipien wie HTTPv2, JSON und REST sichergestellt werden konnte.

Ebenfalls wurde gemeinsam mit TAP 1.3 der Basisdienst Anonymisierung entwickelt, welcher Daten mithilfe verschiedener Algorithmen anonymisieren kann und eine Klassifizierung von Anonymisierungspotenzialen anbietet. Dies bedeutet, dass Daten hinsichtlich ihrer Anonymisierungsbedarfe analysiert werden können und dem Endnutzer eine Empfehlung gegeben wird, ob eine Anonymisierung durchzuführen wäre. Ganz konkret unterstützt dieser Basisdienst die folgenden Algorithmen: k-anonymity, l-diversity und t-closeness. Mit diesen Algorithmen lassen sich u. a. Datensätze mit einem detaillierten Ortsbezug auf Quartiere, Straßenzüge sowie Stadtteile aggregieren, und sie könnten somit interessierten Partnern zur Verfügung gestellt werden, da durch Abstraktion der Schutz personenbezogener Daten gegeben ist. Über offene Schnittstellen kann der Basisdienst leicht in bestehende Infrastrukturen integriert werden und in diesen helfen, den Bedarf an anonymisierten Daten zu decken.

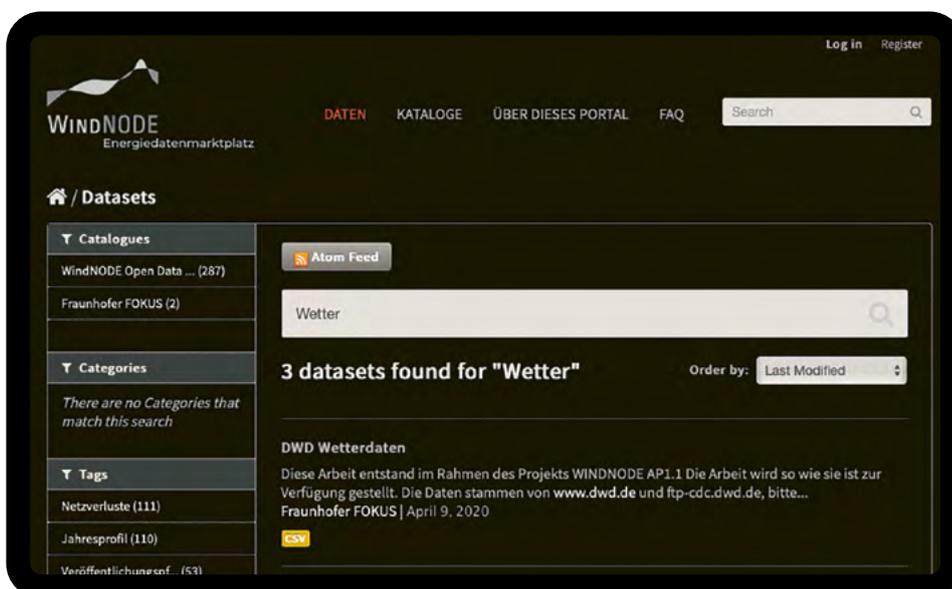
Die Studie „Weiße Flecken in der digitalen Vernetzung der Energiewirtschaft“ der Fraunhofer-Institute IEE und FOKUS hat identifiziert, wo es noch am Einsatz von moderner, digitaler Informations- und Kommunikationstechnologie (IuK) für die zukünftigen Informationsflüsse in der Energiewirtschaft mangelt. Zusammengefasst kommt die Studie zu dem Ergebnis, dass die klassische

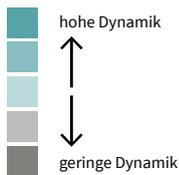
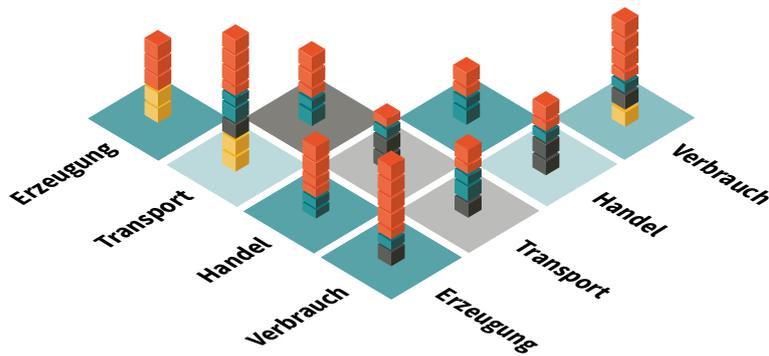


Wertschöpfungsfelder

Zwischen den Wertschöpfungsstufen Erzeugung, Transport, Handel und Verbrauch lässt sich eine Landkarte mit zehn potenziell möglichen bidirektionalen Interaktionspfaden spannen, deren Form und Dynamik zunehmend durch die digitale Vernetzung der Energiewirtschaft beeinflusst wird.

► Screenshot der Datensuchmaske des Energiedatenmarktplatzes.





- **Produktinnovation (Pdi):**
Liegt vor, falls mit einer bestehenden Technologie neue Produkte oder Dienstleistungen angeboten werden.
- **Prozessinnovation (Pzi):**
Bestehende Prozesse werden mithilfe der Digitalisierung in angepasster Form umgesetzt.
- **Marktinnovation (Mi):**
Neue Märkte oder Zielgruppen werden adressiert mit einer/m IKT-Lösung/Ansatz.
- **Technologieinnovation (Ti):**
Eine neue technologische Option wird empfohlen.

▲ Zusammenführung der „Landkarte Digitale Dynamik“ der dena mit den von Experten genannten IuK-Lösungen je Innovationsart.

Wertschöpfungskette in Zukunft nicht mehr ausreichen wird, um die energiewirtschaftlichen Prozesse abzubilden. Hierfür bietet sich vielmehr ein Wertschöpfungsnetzwerk an, das zehn Wertschöpfungsfelder zwischen den Wertschöpfungsstufen Erzeugung, Transport, Handel und Verbrauch aufspannt. Die Studie kommt abschließend zu dem Ergebnis, dass IuK zur Bewerkstelligung dieser Informationsflüsse zwar bereits heute größtenteils vorhanden, jedoch für die Bedürfnisse der zukünftigen Energiewirtschaft noch anzupassen ist.

Die Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft (FfE) hat 91 potenzielle Anwendungsfälle der Blockchain-Technologie identifiziert; einer davon ist in dem für den Projektkontext hochrelevanten Flexibilitätenhandel verortet. Daher wurde ein Prototyp, der zur Evaluation der Blockchain-Technologie im Rahmen des Flexibilitätenhandels mit der WindNODE-Flexibilitätsplattform zum Einsatz kommt, in Abstimmung mit den WindNODE-Partnern (insbesondere 50Hertz) entwickelt. Dabei wurde ein privates Ethereum-Netzwerk mit den involvierten Partnern aufgesetzt sowie relevante Geschäftsprozesse (Gebotsabgabe und -annahme) in Smart Contracts auf Basis der Programmiersprache Solidity abgebildet, sodass der automatisierte Flexibilitätenhandel auf eine sichere Art und Weise stattfinden kann. Ebenfalls wurden die allgemeine Performanz sowie der Zugang zum Netzwerk experimentell evaluiert. So konnte z. B. festgestellt werden, dass die Performanz des Prototyps mehr als ausreichend für den Anwendungsfall wäre und somit die technische Machbarkeit gegeben ist. Weitere Erkenntnisse des Prototyps sind in einem Konzeptpapier zum Einsatz der Blockchain-Technologie für Smart Energy festgehalten, welches interessierten WindNODE-Partnern zur Verfügung steht.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // Offene Standards für offene Ökosysteme

Die Digitalisierung der Energiewende kann nur erfolgreich durchgeführt werden, wenn alle Akteure gemeinsam am gleichen Ziel arbeiten. Im IKT-Kontext ist es dabei von fundamentaler Wichtigkeit, dass die relevanten Schnittstellen und Datenmodelle offen und standardisiert sind, sodass interoperable Ökosysteme geschaffen werden können. Die in WindNODE erzielten Ergebnisse und entwickelten Basisdienste stellen hierfür erste, fundamental wichtige Erkenntnisse und Bausteine dar: eine auf offenen Standards basierende Plattform für den sicheren, interoperablen Datenaustausch und eine Plattform für die Schaffung eines gemeinsamen, dezentralen Vertrauensraums, welcher ohne zentrale Instanzen auskommt. Im Anschluss an das Projekt wird die entwickelte Technologie von Fraunhofer FOKUS in verschiedenen Forschungs- und Industrieprojekten weiter genutzt und fortgeschrieben. Zudem steht diese Möglichkeit auch den Partnern offen.



TAP
1.1

HANDLUNGSFELD
Energiesystem digitalisieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**
Basisdienste für die Vernetzung im digitalisierten Energiesystem

► **Förderkennzeichen**
03SIN514

► **Partner des Projekts**
Fraunhofer FOKUS

► **Kontakt**
Dr. Alexander Willner
T +49 30 3463-7116
alexander.willner@fokus.fraunhofer.de

► **Besuchbare Orte**
eGovernment-Labor und
IT4Energy-Zentrum
Kaiserin-Augusta-Allee 31
10589 Berlin
Nach Anmeldung

► **BESUCHERANFRAGEN AN**
Dr. Armin Wolf
armin.wolf@fokus.fraunhofer.de



Weitere Infos unter
datenmarkt.windnode.de



▲ Höchstspannungsleitungen mit Windkraftanlagen in der 50Hertz-Regelzone.

Die WindNODE-Flexibilitätsplattform

Zur Nutzbarmachung zusätzlicher Flexibilität für die Netzengpassbewirtschaftung wurde gemeinsam durch Übertragungs- und Verteilungsnetzbetreiber (ÜNB und VNB) das Projekt WindNODE-Flexibilitätsplattform entwickelt und praktisch getestet. Mit den veränderten Rahmenbedingungen durch die NABEG-Novelle wird in Zukunft ein Großteil des Potenzials bereits zu einer Teilnahme am regulierten Redispatch verpflichtet sein. Das Konzept „Nutzen statt Abregeln“ ist jedoch weiterhin sinnvoll, wobei der dafür notwendige regulatorische Rahmen im Zeitverlauf neu bewertet werden sollte.



„Besonders positiv hervorzuheben ist die erfolgreiche Zusammenarbeit von Netzbetreibern unterschiedlicher Spannungsebenen. Sowohl Engpässe als auch die Flexibilitätspotenziale zur Behebung dieser Engpässe können sich auf unterschiedlichen Spannungsebenen befinden. Hierfür sind koordinierte Prozesse notwendig.“

Dr. Georg Meyer-Braune

WindNODE-Projektleiter,
50Hertz Transmission GmbH

Lisa Hankel

Referentin Geschäftsentwicklung,
Stromnetz Berlin GmbH

▷ HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Netzengpässe effizient bewirtschaften**

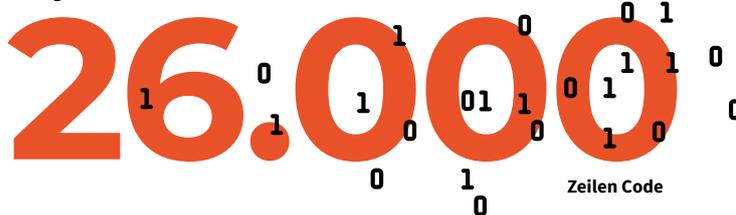
An den Strommärkten treffen Angebot und Nachfrage mit der Annahme aufeinander, dass es keine physikalischen Engpässe im Netz gibt. Dadurch soll die Liquidität erhöht und die Effizienz gewährleistet werden. Durch die Begrenzung der Netzkapazität kommt es zu temporären, erzeugungsgetriebenen Engpässen, welche bisher durch den Redispatch und das Einspeisemanagement behoben wurden. Durch diese Maßnahmen wurden erneuerbare Energien als Ultima Ratio zur Netzengpassbewirtschaftung abgeregelt. Die Idee des Projekts ist es, vor dem Abregeln von EE-Erzeugungsanlagen möglichst umfassend innovative Flexibilitätsoptionen zu nutzen. Aus volkswirtschaftlicher Sicht ist die Berücksichtigung weiterer Flexibilitäten im Prozess der Netzengpassbewirtschaftung insbesondere dann interessant, wenn dadurch teurere Flexibilitätsoptionen substituiert bzw. die Nutzung von erneuerbarem Strom vergrößert werden kann. Dazu müssen die eingesparten Kosten mindestens die Kosten der Weiterentwicklung und des Betriebs der Flexibilitätsplattform kompensieren. Die Häufigkeit des Einsatzes der Flexibilitäten und die benötigte Leistung können dabei je nach Standort der Anlage und der lokalen Situation im Stromnetz sehr unterschiedlich sein und müssen individuell bewertet werden. Dabei war das ursprüngliche Ziel, solche Anlagen freiwillig und technologieoffen in den Prozess einzubeziehen, die heute nicht ohnehin schon regulatorisch zu einer Teilnahme am Redispatch verpflichtet sind. Die Nutzung der Flexibilität soll durch alle beteiligten Netzbetreiber möglich sein. Dabei ist eine Koordinierung über unterschiedliche Spannungsebenen

notwendig. Der Einsatz dieser zusätzlichen Potenziale soll in Netzengpassfällen eine höhere Nutzung der regenerativen Erzeugung ermöglichen („Nutzen statt Abregeln“).

▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Erprobt und erfolgreich getestet**

Durch die enge Zusammenarbeit von ÜNB, VNB und diversen Flexibilitätsanbietern konnten Prozesse, Plattformfunktionen, Schnittstellen und Produkte so ausgestaltet werden, dass eine technologieoffene Teilnahme an der Flexibilitätsplattform mit möglichst geringen Eintrittsbarrieren realisiert werden konnte. Durch die Definition der Produkte und Prozesse konnten die Anforderungen der unterschiedlichen Netzbetreiber mit den Möglichkeiten der Anbieter in Einklang gebracht werden. Das Konzept lässt sich zudem problemlos um weitere Produktvarianten erweitern. Der Einsatz der Plattform mit Gebotsabgabe, Koordinierung und Abruf wurde während der Projektlaufzeit erfolgreich praktisch getestet. Da bei diesem Thema auch Bedarf einer Harmonisierung besteht, haben wir aus dem Konsortium heraus mit dem WindNODE-Partner DIN das Standardisierungsvorhaben DIN SPEC 91410-1 entwickelt und veröffentlicht.

Energiewirtschaftliche Prozesse in



▷ FAZIT UND AUSBLICK // **Neue Rahmenbedingungen**

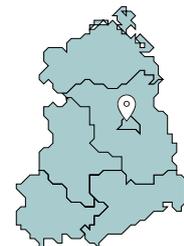
Die prozessuale und technische Umsetzbarkeit der Flexibilitätsplattform konnte durch reale Tests erfolgreich bestätigt werden. Mit der NABEG-Novelle ist jedoch ein Großteil des Flexibilitätspotenzials bereits zu einer Teilnahme an dem regulierten Redispatch verpflichtet, wodurch der Zusatznutzen der Plattform sinkt. Als ungenutztes Potenzial verbleiben nun fast ausschließlich flexible Lasten, bei denen jedoch die Problematik des strategischen Bietens („INC-DEC-Gaming“) besteht, bei dem Flexibilitätsanbieter künstlich einen Engpass verstärken oder erzeugen und diesen mit eigenen Mitteln beheben, um damit Gewinne zu erwirtschaften. Eine regulatorische Lösung dieser Problematik erscheint aktuell als zwingende Voraussetzung für die Einbindung dieses ungenutzten Flexibilitätspotenzials im Rahmen eines freiwilligen Mechanismus zur Netzengpassbewirtschaftung. Insbesondere bei in Zukunft steigenden Redispatchmengen und zeitweise negativer Residuallast ist das Konzept der Flexibilitätsplattform jedoch grundsätzlich sehr gut geeignet, um räumlich differenzierte Anreize zur Nutzung von Flexibilität zu realisieren.

▼ Über die Flexibilitätsplattform können dezentrale Anbieter ihre Flexibilitätsgebote abgeben.



TAP 1.2

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten aktivieren
Energiesystem digitalisieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**
Innovative Prozessplattform

► **Förderkennzeichen**
03SIN500

► **Partner des Projekts**

- **VERBUNDPARTNER**
- 50Hertz Transmission GmbH
- Stromnetz Berlin GmbH
- WEMAG Netz GmbH

► **ASSOZIIERTE PARTNER**

- E.DIS AG
- ENSO NETZ GmbH

► **SOWIE ALS FLEXIBILITÄTSANBIETER**

- Brandenburger Elektrostahlwerke GmbH
- Energiequelle GmbH
- ENERSTORAGE GmbH
- Hennigsdorfer Elektrostahlwerke GmbH
- Siemens AG
- Vattenfall Wärme Berlin AG
- Schwarz Gruppe
- Energy2market GmbH
- BMW Group
- GASAG Solution Plus GmbH
- Stahlwerk Thüringen GmbH

► **Kontakt**

Dr. Georg Meyer-Braune
T +49 30 5150-2133
georg.meyer-braune@50hertz.com



Weitere Infos unter
www.50hertz.com



◀ Die Veranstaltungsreihe bringt Interessierte und Akteure der Energie- und Versorgungsbranche zusammen, um gemeinsam zu netzwerken, sich auszutauschen und spannende Ideen zu entwickeln.

Energyhack – Offene Daten bringen gute Ideen für die Energiewende

Stromnetz Berlin, Fraunhofer FOKUS und die Open Knowledge Foundation sorgen für die Veröffentlichung und Nutzung von Daten und wollen gemeinsam mit jungen Entwicklerinnen und Entwicklern neue Ideen für die nachhaltige Stromversorgung und digitale Zukunftsstrategien entwickeln. Dazu führten die WindNODE-Partner von 2017 bis 2020 drei Hackathons durch.

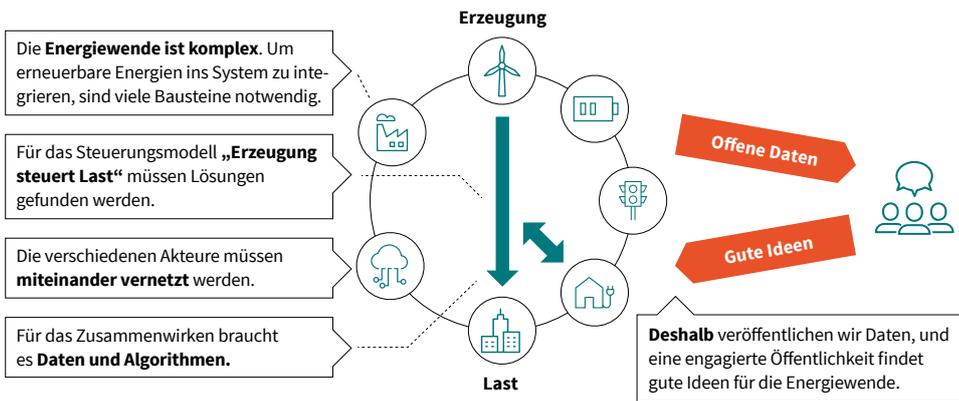


„Stromnetz Berlin steht für Transparenz. Als erster Netzbetreiber in Deutschland haben wir ein Angebot an offenen Daten geschaffen. Mit unseren Energyhacks bringen wir unterschiedlichste Menschen zusammen, um gemeinsam innovative Lösungen für die Stadt Berlin und für die Energiewende zu finden.“

Claudia Rathfux
Prokuristin Kunden- und Marktbeziehungen,
Stromnetz Berlin GmbH

▷ HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // Offene Daten als Erfolgsfaktor

Mit offenen Daten wird großes Potenzial für innovative Entwicklungen geschaffen. Zukunftsvisionen und Problemlösungsansätze können durch die zur Verfügung stehenden Daten entstehen, indem diese weiterentwickelt, analysiert und ausgewertet werden. Das Netzdatenportal <http://daten.windnode.de/> des Verteilungsnetzbetreibers Stromnetz Berlin wird gemeinsam mit Fraunhofer FOKUS zu einem Open Data Portal weiterentwickelt – für das ständig neue Datenquellen angeworben, erschlossen und eingebunden werden. Um Datenveröffentlichungshürden zu senken, wird auch ein Dienst zur Datenanonymisierung entwickelt. Im Rahmen von WindNODE haben es sich die Partner zur Aufgabe gemacht, kontinuierlich mehr Unternehmen aus dem Konsortium für das Thema offene Daten zu begeistern und entsprechende Datensätze auf dem Portal zu veröffentlichen. Unter anderem die Berliner Wasserbetriebe, die Deutsche Bahn, Vattenfall Wärme oder Schneider Electric konnten für den Ausbau des Open Data Portals gewonnen werden.



▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Energyhack³ - eine erfolgreiche Veranstaltungsreihe**

Besonderes Highlight des Projekts sind die gemeinsam mit der Open Knowledge Foundation durchgeführten „Energyhacks“ im September 2017, Oktober 2018 sowie im Sommer 2020. Der Fokus lag dabei auf der Entwicklung von Projekten, die die Gesellschaft stärker für die Themen Strom-, Energienetze und Energiewende sensibilisieren. Stromnetz Berlin steht im Rahmen von WindNODE ein Budget zur Verfügung, um einzelne Projekte mit nachhaltigem Potenzial für die Energiewende über den Hackathon hinaus zu unterstützen und weiterzuentwickeln. Begleitend wurde durch Fraunhofer FOKUS in der Projekthalbzeit die neue Version des Open Data Portals fertiggestellt und zusammen mit dem Anonymisierungsdienst veröffentlicht.



Du hast die Wahl!

Gewinner: Strombär (Kopplung und Wiedergabe von Stromproduktions- und Verbrauchsdaten), EnergyDiversity (Informationsbereitstellung für Verbraucher über Quellen und Preise des Stroms), EVCount (Wie viele Ladesäulen brauchen wir?), Abwasser-as-a-Service (Wie funktioniert ein Abwasserpumpwerk, und welche Energie wird dabei verbraucht?)

Aus dem Projekt „EVCount“ wurde nach einem ersten Brainstorming ein Projekt zur Augmented Reality mit Live-Daten des Stromnetzes in ausgewählten Gebieten Berlins. Der Pilot wurde erfolgreich erstellt.



Für die Stadt, für die Energie

Gewinner: Internet of Bears (Open-Source-IoT-Lernplattform für Schülerinnen und Schüler), Simspeicher (Optimierung des Stromverbrauchs mithilfe eines Speichers), Wer oder was bin ich? (Datenratespiel: Woher stammen die Daten?), SmartCityServices (Datenanforderungsfeedbackkonzept)

Sonderpreis: Simulation der Berliner Klärwerke und Stromnetze (Weiterentwicklung aus 2017)



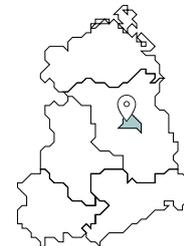
Stadt, Energie, Verkehr

Der Hackathon 2020 zeigt noch stärker die Vernetzung der verschiedenen Sektoren Energie und Verkehr. Aufgrund der besonderen Situation wegen der Coronakrise 2020 wird das Format in diesem Jahr stärker online stattfinden. Die Challenges und Ergebnisse können unter energyhack.de eingesehen werden.



TAP 1.3

HANDLUNGSFELD
Energiesystem digitalisieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**
Open Data Portal

► **Förderkennzeichen**
03SIN530

► **Partner des Projekts**

▷ **VERBUNDPARTNER**
Fraunhofer FOKUS

Stromnetz Berlin GmbH

▷ **UNTERAUFTRAGNEHMER**
Open Knowledge Foundation
Deutschland e. V.

► **Kontakt**
Christian Jacob
T +49 30 492028542
christian.jacob@stromnetz-berlin.de



offene Datensätze

3 Veranstaltungen mit jeweils mehr als 100 Teilnehmenden, 313 offene Datensätze auf daten.windnode.de



▷ FAZIT UND AUSBLICK // **Das große Finale**

Stromnetz Berlin führt den letzten Hackathon im Sommer 2020 durch. Bis dahin sollen noch weitere Partner aus dem Projekt für das Thema offene Daten gewonnen werden, sodass die Veranstaltungsreihe nicht zuletzt durch eine große und attraktive offene Datensammlung ihren gebührenden Abschluss findet. Bis dahin werden die Gewinnerprojekte aus 2017 und 2018 weiterentwickelt und erste Pilotprojekte gestartet. Die Ergebnisse werden beim letzten Energyhack vorgestellt.



Weitere Infos unter
www.energyhack.de



▲ Korrelation von Leistungs- und Energieverbrauchsdaten in der Metallverarbeitung.

Big Data Analytics für Markt- und Verbraucherdaten

Pumacy hat eine Markt- und Verbraucherplattform umgesetzt. Um die Praxistauglichkeit zu evaluieren, wurden Use Cases implementiert, auf deren Basis neue Verbraucher- und Betreibermodelle entstehen können. Technologischer Kern der Plattform sind suchbasierte Anwendungen (SBA), die strukturierte, semistrukturierte und unstrukturierte Daten gleichermaßen indizieren, aggregieren, normalisieren und visualisieren.



„Mit dem WindNODE-Projekt kommen wir dem Ziel, auf Basis leistungsfähiger Datenanalysen neue Geschäftsmodelle entlang der Energiewertschöpfungskette anzuregen, einen guten Schritt näher. Zugleich ermöglichen wir dem Verbraucher eine aktive Gestaltung seines Energieverbrauchs.“

Dr. Toralf Kahlert
CEO,
Pumacy Technologies AG

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Search Based Applications (SBA)**

Daten werden als einer der entscheidenden Beschleuniger der fortschreitenden Energiewende gesehen. So leistet auch im Rahmen von WindNODE das Zusammenführen, Kombinieren und Visualisieren großer Datenmengen aus unterschiedlichsten Quellen einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung neuer Applikationen und Geschäftsmodelle. Die in der Energiewirtschaft auftretenden großen Datenmengen (Big Data) sind nicht allein durch ihren schieren Umfang und die notwendige Verarbeitungsgeschwindigkeit, sondern vor allem auch durch ihre hochgradig unterschiedliche Struktur gekennzeichnet, sodass das Zusammenführen dieser Daten mitnichten trivial ist. Das WindNODE-Teilprojekt von Pumacy vereint aktuelle Forschungsansätze im Bereich SBA mit energiewirtschaftlichen Anwendungsfeldern. Es werden sowohl Anwendungsfälle für die Verbraucher- wie die Erzeugerseite umgesetzt.

► PROJEKTERGEBNISSE // **Big Data Use Cases für Energieerzeuger und -verbraucher**

In der ersten Hälfte des Projekts wurde schwerpunktmäßig die technologische Voraussetzung für die Markt- und Verbraucherplattform umgesetzt. Hierbei gelang es, auf Basis von Open Source ein komplettes SBA-Framework selbst zu entwickeln. Inzwischen steht ein leistungsfähiges Kernsystem zur Umsetzung beliebiger Datenkorrelationen sowohl für Anwendungsfälle aus dem Bereich Energie, aber auch darüber hinaus zur Verfügung.

7.325.978 Datensätze

15 GB Datenmenge,
10.918 Stunden Verlaufsdaten

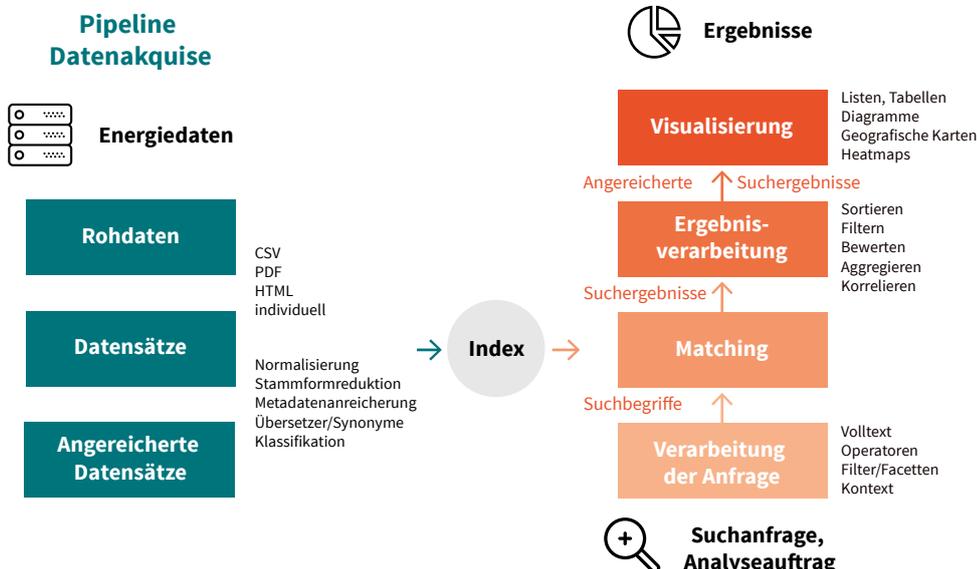
In der zweiten Projekthälfte stand die Umsetzung konkreter Datenanwendungen im Fokus. Hierbei wird u. a. die theoretisch maximal mögliche Energieerzeugung durch Sonnen- und Windenergie auf Postleitzahlbasis prognostiziert. Diese Funktion wird später den Endanwendern zur Verfügung stehen. Darüber hinaus lassen sich per Smart Meter Verbrauchswerte in die Markt- und Verbraucherplattform hochladen, um daraus eine individuelle Energie- und CO₂-Bilanz zu errechnen. Andere Anwendungen beschäftigen sich mit Datenanalysen für Industriebetriebe. So wurde ein Szenario für eine Fertigungsplanung umgesetzt, bei der bestimmte energieintensive Prozessschritte in Zeiten mit hoher Verfügbarkeit regenerativen Stroms verschoben werden können.

Im zweiten Halbjahr 2019 wurden im Wesentlichen drei Use Cases entwickelt und so weit vorangetrieben, dass die Analyse- und Verarbeitungsfunktionen als abgeschlossen betrachtet werden können. Selbstverständlich sind eine weitere Verfeinerung der Methoden und Steigerung der Ergebnisqualität möglich. Allerdings sind dazu deutlich mehr Daten über lange Zeiträume nötig, sodass hier eine kontinuierliche Verbesserung in Abhängigkeit von der Laufzeit der Systeme zu erwarten ist.

► FAZIT UND AUSBLICK // Szenarien für datengetriebene Geschäftsmodelle

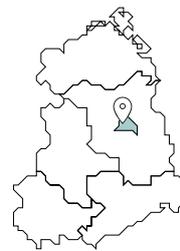
Im Projektverlauf wurden verschiedene Lektionen gelernt. So wurde gleich zu Beginn der ursprüngliche Gedanke, eine kommerzielle SBA-Software als Kern zu verwenden, verworfen. Die Forderung nach einer offenen und ohne Zusatzkosten verwendbaren Architektur ließ letztendlich nur die Eigenentwicklung auf Open-Source-Basis zu. Ein weiterer Lerneffekt betraf die Datenqualität und -verfügbarkeit: Denn die Datenbereitstellung erfolgt oft nicht in der gebotenen Kontinuität. Sowohl zeitlich als auch regional bestehen mitunter größere Lücken. Bis zum Projektende werden noch konkrete Szenarien entworfen, die Erzeugern und Verbrauchern Ansatzpunkte für individuelle Umsetzungen und neue Geschäftsmodelle geben.

▼ SBA-Architektur (Search Based Application) der Markt- und Verbraucherplattform. Für eine SBA charakteristisch sind zwei Prozesse, welche die zu verarbeitenden Datensätze jeweils als Pipeline durchlaufen.



TAP
1.4

HANDLUNGSFELD
Energiesystem digitalisieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**
Markt- und Verbraucherplattform

► **Förderkennzeichen**
03SIN524

► **Partner des Projekts**

► **VERBUNDPARTNER**
Pumacy Technologies AG

► **Kontakt**
Manuel de Melo
T +49 30 22161280
info@pumacy.de

► **Besuchbare Orte**
Pumacy Technologies AG,
Pumacy Solution Center
Bartningallee 27
10557 Berlin

Termine nach Vereinbarung
jeweils Mo. – Fr. 10 – 17 Uhr.
Die Termine werden individuell
durchgeführt und richten sich
primär an geschäftliche und
öffentliche Anwender.

► **BESUCHERANFRAGEN AN**
info@pumacy.de

► **Weitere Infos unter**
www.pumacy.de



Beteiligte Partner

BELECTRIC®

b.tu
Brandenburgische
Technische Universität
Cottbus - Senftenberg

ENERGIEAVANTGARDE
ANHALT

ENERTRAG
Eine Energie voraus

Fraunhofer
IEE

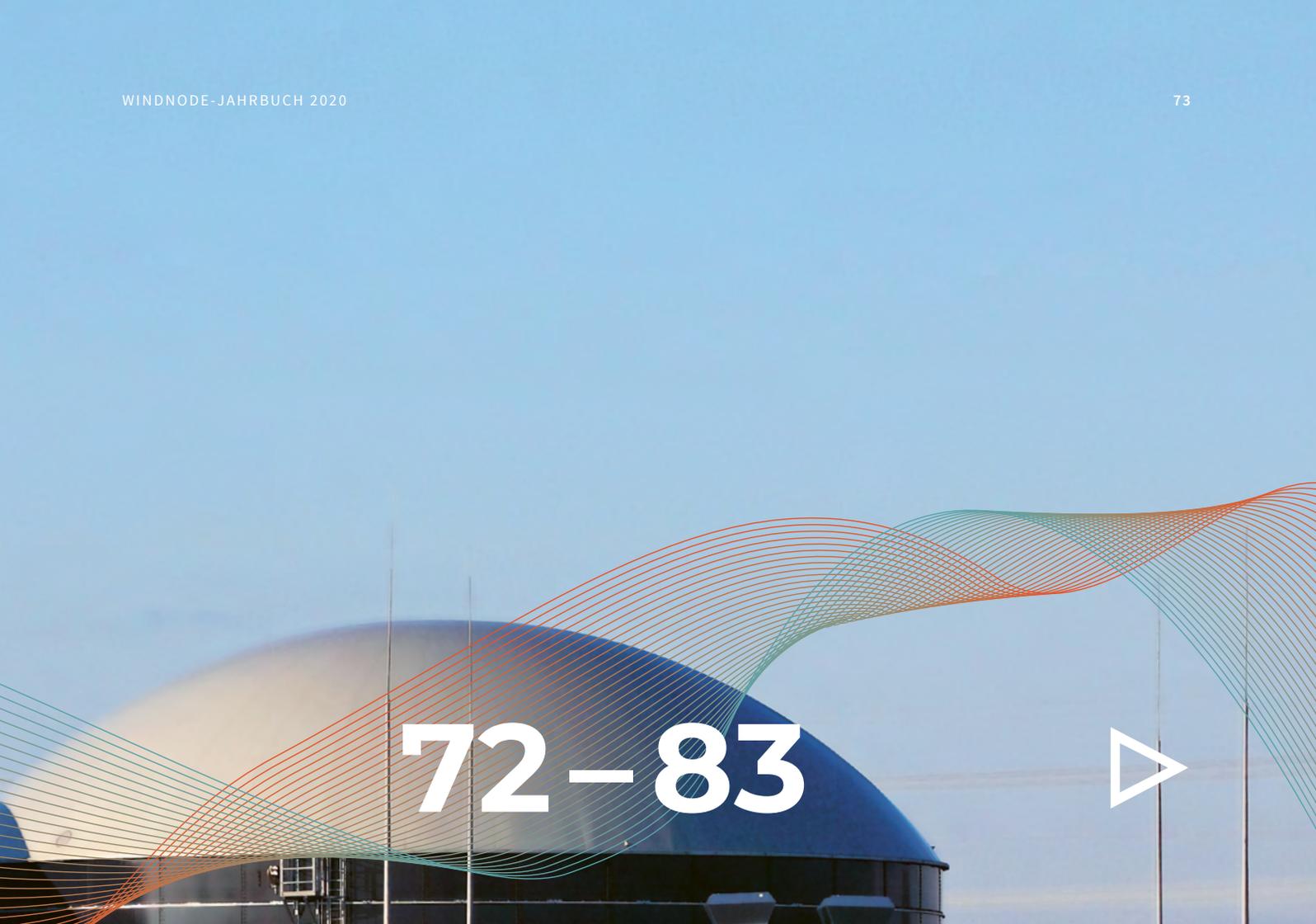
Stadtwerke
Cottbus
Heizkraftwerksgesellschaft

IBAR

i|ö|w
INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE
WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

RLI
REINER LEMOINE
INSTITUT

stadtwerke
FRANKFURT (ODER)



72 – 83



Flexible Erzeugung und Regionalkraftwerk

In diesem Arbeitspaket zeigt WindNODE, wie Erzeuger, Speicher sowie Strom- und Wärmenetze in enger geografischer Nähe zusammengeschlossen werden können, um die Regionalisierung von Lastflüssen und eine flexible, netzdienliche Einspeisung zu erreichen.

Erstmals werden verschiedene Kraftwerke in einem regionalen Verbund und damit netz- und systemdienlich koordiniert und gesteuert. Die eingebundenen Flexibilitäten können regionale Systemdienstleistungen anbieten.



Das Arbeitspaket 2 wird von Martin Beckmann (ENERTRAG AG) und René Markgraf (IBAR Systemtechnik GmbH) ehrenamtlich koordiniert.



▲ Fahrzeugbatterien mittels moderner Steuerungstechnik über Funk im Einsatz in einem Container als Batteriegroßspeicher.

Zukunftsspeicher Energiewende – neue Märkte und Lösungen

Batteriegroßspeicher werden bisher vornehmlich für Primärregelleistung eingesetzt. Um ihre weiteren Marktanteile und vielfältigen Möglichkeiten zu erschließen, wurden daher neue Konzepte notwendig. Diese finden sich in Form von weiteren Dienstleistungen wie Flexibilisierung und schnellerer Regelung, Optimierung für Anwendungen und Hybridkraftwerke.



„Batteriespeicher werden mit sehr divers aufgestellten Anwendungen zu einer Schlüsseltechnologie im Aufbau der erneuerbaren Energieerzeugung.“

Dr. Tim Müller
CTO,
BELECTRIC Solar & Battery GmbH

▷ HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // Schlüsseltechnologie mit Markthürden

Batteriegroßspeicher werden zur Schlüsseltechnologie der Energiewende, die viele der aufkommenden Herausforderungen lösen kann, da sie der volatilen Erzeugung bei unangepasstem Verbrauch entgegenwirken, dezentral errichtet werden, den Netzausbau entlasten und schnellste Regelleistungen zur Verfügung stellen können. Für eine förderfreie Errichtung und eine breite Anwendung der Möglichkeiten sind, zusätzlich zu den sinkenden Preisen der Batterien, jedoch weitere Anpassungen und neue Marktkonzepte notwendig.

Während es bereits viele Vorbetrachtungen gibt und verschiedene Kraftwerke virtuell zu einem Hybrid kombiniert wurden, war es eine weiterführende Herausforderung, reale Marktmöglichkeiten zu analysieren, das Verhalten von angepassten Anlagenkonzepten zu simulieren sowie Lösungen zu erarbeiten und zu erproben. Daher wurden neue Regeldienstleistungen und Kombinationen verschiedener Erzeuger wie Wind oder Photovoltaik mit Batterien zu einem echten Hybridkraftwerk zusammengefügt, um mit diesem tatsächlich vorhandene oder demnächst aufkommende Märkte zu erschließen.

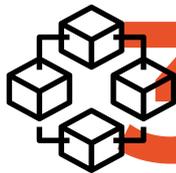
▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Großspeichern zum wirtschaftlichen Durchbruch verhelfen**

Um das zentrale Problem zu lösen, nämlich die Wirtschaftlichkeit der Batteriegroßspeicher zu erhöhen, wurde von verschiedenen Seiten angesetzt. Zum einen wurden unterschiedliche praktische Konzepte und Möglichkeiten zur wirtschaftlichen Integration mit anderen Erzeugern, wie Windparks, Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen und Laufwasserkraftwerken, gezeigt. Weiterhin wurden Anwendungen zur optimalen Versorgung mit erneuerbarer Energie beim Verbraucher betrachtet. Dabei überzeugte die Batterie in solchen Hybridkraftwerken durch ihre Flexibilität, schnelle Dienstleistungen und die Glättung bzw. Verschiebung von Energieerzeugung und Verbrauch. Mit der gemeinsamen Nutzung von Komponenten und Netzanschluss wurden Konzepte für die wirtschaftliche Anwendung erarbeitet.

Zum anderen wurden neue Dienstleistungen entwickelt und die Batteriespeicher auf diese hin weiterentwickelt und optimiert. Dabei waren die unterschiedlichen Leistungen der Batteriespeicher und deren flexible Nutzung nach Kundenwunsch eine zentrale Herausforderung. Insbesondere sehr schnelle Reaktionszeiten von 150 Millisekunden und das direkte Stellen der Spannung im Netz werden zukünftig wettbewerbsrelevant. Um dies wirtschaftlich zu ermöglichen, waren angepasste Hardwarekonzepte, Kühlung und optimierte Software nötig. Darüber hinaus wurden neue Redundanzkonzepte erarbeitet, in denen die Systemsteuerung mittels „Spanning-Tree-Protokollen“ auf mehreren CPUs über redundante Kommunikationswege und die Auslegung der Leistungseinheiten mit Reserven für den Ausfall einer Einheit nach dem N-1-Prinzip abgesichert ist.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // **Praktische Opportunitäten und Ausblick für Batteriegroßspeicher**

Mit den hier geleisteten Arbeiten werden wirtschaftlich optimierte Batteriespeicher mit neuen Konzepten und Marktmöglichkeiten dazu beitragen, die EU 2050 klimaneutral aufzustellen. So ist mittelfristig zu erwarten, dass Batteriespeicher vermehrt mit anderen Erzeugern und Verbrauchern direkt kombiniert werden, um deren Wirtschaftlichkeit unter den dann geänderten Marktbedingungen zu erhöhen. Projekte zu schnelleren Regeldienstleistungen und Hybridsystemen sind nun im Ausblick. Um diesen Weg auch langfristig weiterzugehen, fließen die Erfahrungen in weitere Entwicklungsarbeiten rund um virtuelle Synchronmaschinen zum Erbringen von Momentanreserve und optimierte DC-gekoppelte Systeme ein.

 **32%**

ist der Batteriespeicherpreis binnen drei Jahren gefallen. Mit den richtigen Innovationen gibt es kaum bessere Lösungen.

- Oberfläche des Energiemanagementsystems zur Darstellung und zum Management eines Batteriespeicherkraftwerks.



TAP
2.1

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten identifizieren



- **Titel des Teilarbeitspakets**
Zukunftsspeicher
Energiewende – Systemdienstleistungen der Energiewende
- **Förderkennzeichen**
03SIN502
- **Partner des Projekts**
► **VERBUNDPARTNER**
Belectric GmbH
- **Kontakt**
Robert van Treeck
T +49 351 2574-9091
robert.vantreeck@belectric.com

- **Besuchbare Orte**
Audi Power Storage
EUREF-Campus
Energiezentrale (Haus 9)
Torgauer Straße 15
10829 Berlin
- **BESUCHERANFRAGEN AN**
Robert van Treeck
robert.vantreeck@belectric.com

 **Weitere Infos unter**
[www.belectric.com/
battery-storage](http://www.belectric.com/battery-storage)



▲ ENERTRAG-Hybridkraftwerk in Prenzlau.

Erneuerbare Energie übernimmt Funktionen konventioneller Kraftwerke

Mit dem Verbundkraftwerk Uckermark zeigt ENERTRAG, wie die Kopplung von erneuerbaren Erzeugungsanlagen, Speichern und PtX-Anlagen künftig die Funktionen konventioneller Kraftwerke vollständig ersetzen kann. Dabei verbindet ein eigenes Einspeisenetz im Radius von 25 Kilometern Windenergie-, Photovoltaik- und Biogasanlagen, eine 20 Megawatt große Batterie und einen Wasserstoffelektrolyseur miteinander. Zudem sorgt die bei ENERTRAG entwickelte Software PowerSystem für die Kopplung und einheitliche Steuerung aller Anlagen im Verbund.

Durch WindNODE haben das Reiner Lemoine Institut (RLI), das Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik (IEE) und ENERTRAG wichtige wissenschaftliche Erkenntnisse und praktische Erfahrungen auf dem weiteren Weg in ein komplett erneuerbares Energiesystem gewonnen. Erneuerbare Energien stellen in unserem künftigen Energiesystem nicht nur die Erzeugung des gesamten Primärenergiebedarfs sicher, sondern sind ebenfalls vollständig für die Systemstabilität verantwortlich. Das RLI, das IEE und ENERTRAG haben das Verbundkraftwerk deshalb mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit sowie die System- und Netzdienlichkeit erforscht und in der Praxis weiterentwickelt.

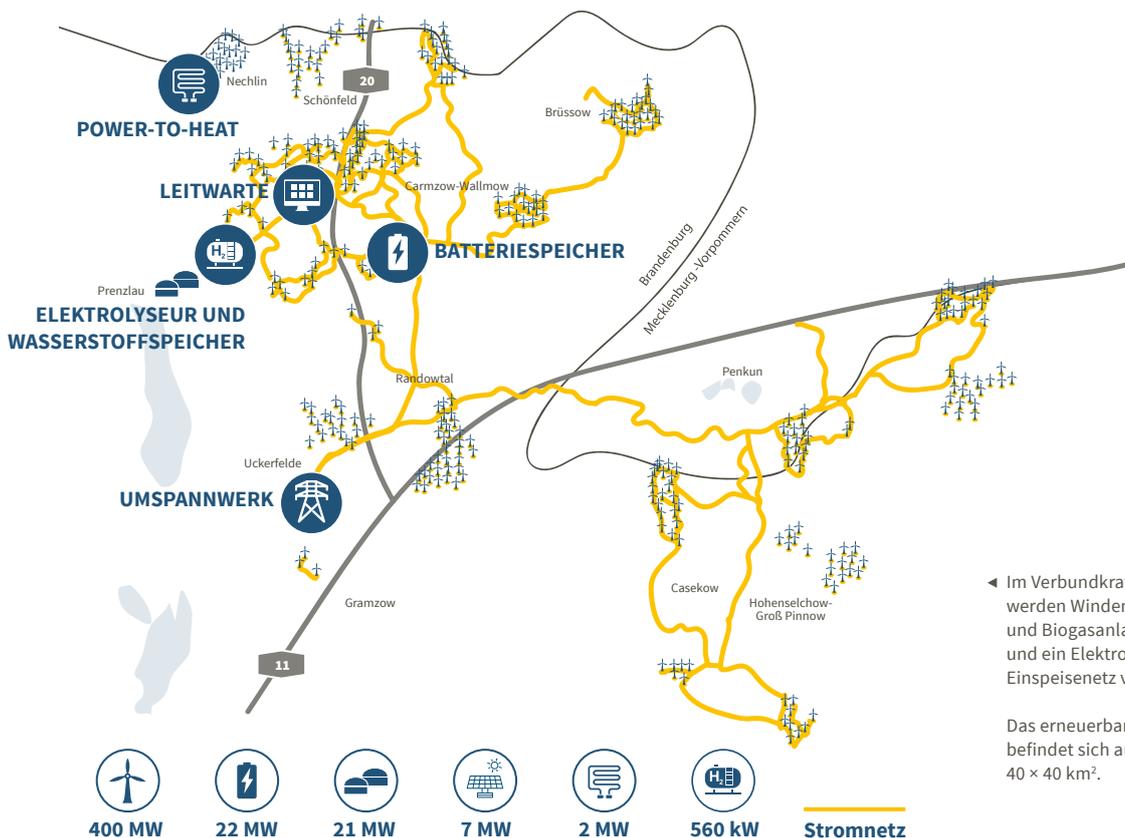
▷ HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **IT-Lösung bringt Datensicherheit und Steuerbarkeit im Verbundkraftwerk voran**

Alle Komponenten des Verbundkraftwerks sind bereits elektrisch und digital direkt miteinander verbunden sowie aufeinander abgestimmt. Durch den Zusammenschluss aller Anlagen werden die dezentralen und heterogenen Strukturen mithilfe der IT-Plattform ENERTRAG PowerSystem vereinheitlicht. Mit ENERTRAG PowerSystem werden die gesamten Anlagen im Verbundkraftwerk überwacht, gesteuert und zu großen Energieerzeugungseinheiten gruppiert. Dabei haben die zuverlässige Steuerbarkeit und Sicherheit von Energieinfrastrukturen wie dem Verbundkraftwerk künftig einen entscheidenden Einfluss auf die Systemsicherheit in Deutschland. Ziel der WindNODE-Projektpartner war es deshalb, die Kopplung des Verbundkraftwerks voranzubringen und noch sicherer vor externen Angriffen zu machen. Durch die schnelle technologische Entwicklung von Windenergieanlagen haben sich zudem die technischen Softwareanforderungen an die Regelung und Steuerung von Anlagen stark verändert. Mit der Förderung durch WindNODE wurde deshalb mit ENERTRAG PowerSystem ein Programm weiterentwickelt, das für die Bildung erneuerbarer Kraftwerke ausgelegt und damit für das Monitoring und die Steuerung der großen Menge an direkt miteinander verkoppelten Anlagen des Verbundkraftwerks bestens geeignet ist.

ENERTRAG PowerSystem ermöglicht die zentrale Verwaltung und präzise Steuerbarkeit der Anlagen als Ganzes, welche schon aufgrund der Vielzahl der Hersteller und der unterschiedlichen Baujahre technisch sehr heterogen sind. Die Zertifizierung nach ISO 27001 war dabei ein wichtiger Meilenstein für die Informationssicherheit des Verbundkraftwerks.



Mit dem Programm PowerSystem werden insgesamt 2,7 GW erneuerbarer Anlagenleistung gesteuert.



◀ Im Verbundkraftwerk Uckermark werden Windenergie-, Photovoltaik- und Biogasanlagen sowie eine Batterie und ein Elektrolyseur über ein eigenes Einspeisenetz verknüpft.

Das erneuerbare Verbundkraftwerk befindet sich auf einer Fläche von 40 × 40 km².



„Mit einem Windwärmespeicher wie in Nechlin könnten zukünftig zahlreiche Gemeinden und Städte mit erneuerbarer Wärme versorgt werden. Damit Millionen Menschen Zugang zu günstiger und CO₂-freier Wärme bekommen können, benötigen wir aber Änderungen im EEG und bei der Stromsteuer.“

Jörg Müller
Gründer und Vorstandsvorsitzender,
ENERTRAG

Darüber hinaus konnte das Fraunhofer IEE durch Penetrationstests auf das PowerSystem Sicherheitsschwachstellen aufdecken, die anschließend systematisch behoben werden konnten. Diese simulierten Angriffe auf die Datenübertragungssoftware und der wissenschaftliche Austausch haben wichtige Impulse für weitere Sicherheitstests gegeben.

▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Umschalten statt Abschalten: erneuerbare Wärme für ein ganzes Dorf**

Mit dem Windwärmespeicher in Nechlin setzt ENERTRAG die SINTEG-Verordnung in die Praxis um. Mit dem Power-to-Heat-Modellprojekt (Pth) zeigt ENERTRAG seit März 2020, wie ein ganzes Dorf günstig und mit geringem technischem Aufwand mit ansonsten abgeregeltem Windstrom beheizt werden kann. Das Windfeld ist mit einem Stromkabel direkt mit dem Windwärmespeicher verbunden. Sobald der Netzbetreiber ein Abregelsignal gibt, springen die Heizstäbe am Wärmespeicher an. Dort werden eine Million Liter Wasser erhitzt, gespeichert und je nach Bedarf an das Nahwärmenetz im Ort abgegeben. Bei starkem Wind benötigt der Speicher nur wenige Stunden zum Aufheizen und kann das Dorf bis zu zwei Wochen vollständig mit Wärme versorgen. Dabei ist die Windwärme aus Nechlin nicht nur hundertprozentig CO₂-frei, sondern unter den passenden Rahmenbedingungen auch deutlich günstiger als eine Ölheizung. Mit einem Windwärmespeicher wie in Nechlin könnten künftig Hunderte Gemeinden und Städte in Nordostdeutschland mit günstiger erneuerbarer Wärme versorgt werden.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // **Rechtsrahmen steht Wirtschaftlichkeit von Pth-Anlagen im Weg**

Das Reiner Lemoine Institut hat die mögliche Nutzung von abgeregelter Windenergie für die Versorgung von Fernwärmenetzen in den Städten Schwedt und Prenzlau in der Uckermark untersucht. Der jährliche Wärmebedarf in den Fernwärmenetzen dieser beiden Städte betrug im Untersuchungszeitraum 2016 zusammen rund 190.000 MWh. Gleichzeitig wurden im Jahr 2016 in der Uckermark rund 190.000 MWh Strom aus Windenergieanlagen abgeregelt. Das heißt, dass die Stromkunden über die Netzentgelte dafür zahlen, dass Strom aus Windenergieanlagen nicht genutzt bzw. erst gar nicht erzeugt wird. Wie der Windwärmespeicher in Nechlin zeigt, kann ein großer Teil dieses Stroms aber sinnvoll vor Ort zur Wärmeerzeugung genutzt werden. Denn die Windenergieanlagen werden besonders häufig im Winter abgeschaltet, wenn eher viel Wärme benötigt wird.

▼ Als „besuchbarer Ort“ liegt der Windwärmespeicher direkt am Radweg von Berlin nach Usedom. Ein kurzer Open-Air-Rundgang informiert Interessierte über das Konzept des Windwärmespeichers und macht Sektorkopplung am konkreten Beispiel begreifbar.



200.000 MWh



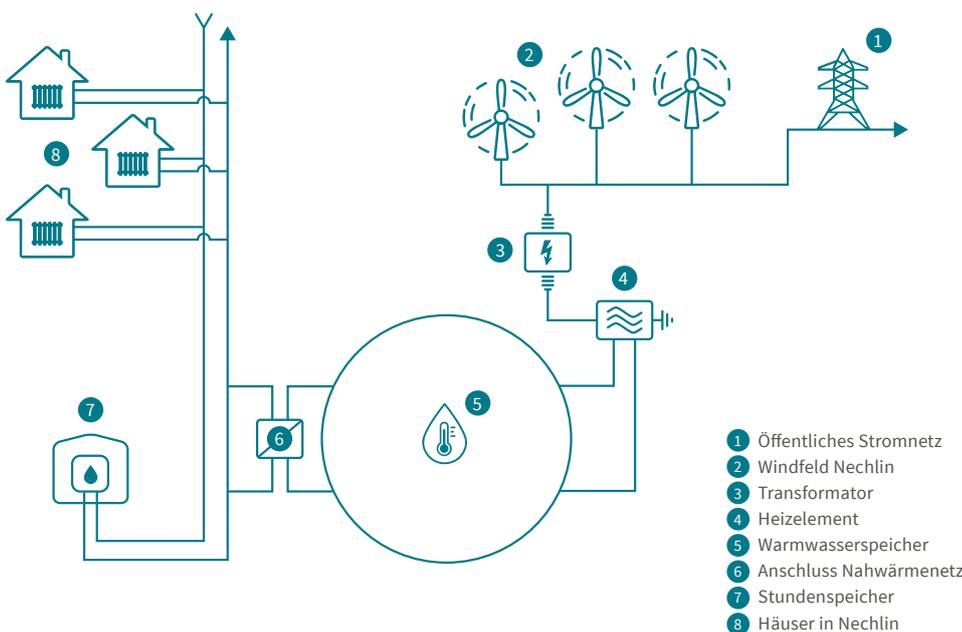
Fast 200.000 MWh Strom aus Windenergieanlagen werden in der Uckermark jährlich abgeregelt. In Nechlin zeigt ENERTRAG, wie aus diesem Strom CO₂-freie Wärme erzeugt werden kann.

Die Untersuchungen des Reiner Lemoine Instituts zeigen, dass eine wirtschaftliche Nutzung des ansonsten abgeregelten Windstroms mit PtH-Anlagen technisch möglich ist. Allerdings wird der zur Erzeugung von Wärme eingesetzte Windstrom aufgrund des gegenwärtigen regulatorischen Rahmens mit zusätzlichen 136 Euro/MWh an Steuern, Abgaben und Umlagen belastet. Dadurch ist eine wirtschaftliche Nutzung außerhalb der SINTEG-Verordnung aktuell unmöglich.

Untersuchungen dazu, wie der regulatorische Rahmen zielführend geändert werden müsste, zeigen, dass die Sonderregulierungen der SINTEG-Verordnung in die richtige Richtung weisen. Für die Sektorkopplung mit PtH bleibt es aber auch mit der SINTEG-Verordnung wirtschaftlich schwierig. Eine Angleichung der Abgaben, Steuern und Umlagen für die Energiesektoren Strom, Wärme und Gas ist notwendig, um Sektorkopplung und somit eine effektive Nutzung erneuerbarer Energien zu ermöglichen. Eine einheitliche CO₂-Bepreisung wäre eine geeignete regulatorische Option. Dies würde erforderliche Anreize setzen, um ansonsten abgeregelte Windenergie statt fossilen Erdgases zur Wärmeerzeugung zu nutzen.

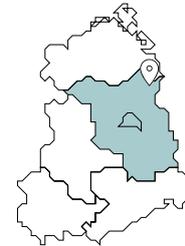
Die Studie kann auf der Website des Reiner Lemoine Instituts heruntergeladen werden:
www.reiner-lemoine-institut.de

▼ Mit Windenergie beheizt ENERTRAG ein ganzes Dorf in Brandenburg. Dazu wird Wasser in einem Wärmespeicher mit Strom aus dem nahe gelegenen Windfeld erhitzt. Der Speicher speist direkt in das örtliche Nahwärmenetz ein.



TAP
2.2

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten aktivieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**
Regionalkraftwerk Uckermark

► **Förderkennzeichen**
03SIN513

► **Partner des Projekts**

► **VERBUNDPARTNER**
ENERTRAG AG

Fraunhofer IEE

Reiner Lemoine Institut gGmbH

► **UNTERAUFTRAGNEHMER**

Energieavantgarde Anhalt e. V.

Institut für ökologische

Wirtschaftsforschung gGmbH

► **Kontakt**

Martin Beckmann

Martin.beckmann@enertrag.com

► **Besuchbare Orte**

Leitwarte des Verbundkraftwerks
Uckermark, Gut Dauerthal

17291 Dauerthal

Mit Anmeldung in begrenztem Maße
möglich, da laufender Betrieb,
Besucherkonferenzraum vorhanden

Hybridkraftwerk/
Power-to-Gas-Anlage
17291 Wittenhof

Mit Anmeldung in begrenztem Maße
möglich in den Sommermonaten

Windwärmespeicher Nechlin/
Power-to-Heat-Anlage
17337 Nechlin

Frei zugänglicher Rundgang

► **BESUCHERANFRAGEN AN**

Dr. Nadine Haase

nadine.haase@enertrag.com



Weitere Infos unter

www.enertrag.com/windwaerme



▲ Gasmotor im BHKW Süd zur Strom- und Wärmeerzeugung mit einer Leistung von 2.000 kW Strom und 2.400 kW Wärme.

Mit kurzem Anlauf flexibel fahren

Das Heizkraftwerk der Stadtwerke Frankfurt versorgt die Oderstadt mit Strom und Fernwärme. International ist unser Fernwärmenetz seit 2015. Im Projekt wurden mit insgesamt sechs Erzeugungsanlagen flexible Fahrweisen zur Erfüllung der Aufgaben der Wärme- und Stromversorgung entwickelt. Mit Fertigstellung des Ressourcenplanungsmodells wurde deutlich, dass nur Erzeugungsanlagen mit kurzen An- und Abfahrzeiten für eine flexible Erzeugungsstrategie geeignet sind.



„Die Beteiligung am Projekt WindNODE bedeutet für uns, neue Lösungen beim Ausstieg aus der Kohle und beim weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien zu entwickeln und diese in die Strom- und Wärmeerzeugung einzubinden. Dabei setzen wir auf moderne Managementsysteme, um eine sichere Versorgung unserer Kunden zu gewährleisten.“

Harald Wolf
WindNODE-Projektleiter,
Stadtwerke Frankfurt (Oder) GmbH

▷ HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Wirtschaftliche und ökologische Fahrweise der Erzeugungsanlagen**

Der Betrieb der Erzeugungsanlagen und Verteilnetze für Strom und Fernwärme erfolgte zu Projektbeginn mit einem hohen manuellen und administrativen Aufwand. Mit einem effektiven und flexiblen Betrieb des Heizkraftwerkes, des Heizwerkes und des BHKW Süd unter Einbeziehung der polnischen Partner bei der gegenseitigen Belieferung mit Wärme wollten wir einen optimalen wirtschaftlichen Einsatz und Betrieb der Anlagen erreichen und gleichzeitig steuerbare Lasten der KWK-Anlagen zur Verfügung stellen.

International ist das Fernwärmenetz seit 2015: Mit der Inbetriebnahme der Fernwärmeverbindung nach Słubice wurde ein kühnes und technisch anspruchsvolles Bauvorhaben umgesetzt und gleichzeitig ein neues Kapitel in der Zusammenarbeit zweier Städte aufgeschlagen – über nationale Grenzen hinweg.

Mit einer neu entwickelten Softwarelösung sollen alle am Erzeugungs- und Verteilprozess beteiligten Komponenten modular verknüpft und gesteuert werden. So sollen eine optimale Fahrweise der Anlagen, ein flexibles Lastmanagement, die Einsparung von Brennstoff und die Minimierung des CO₂-Ausstoßes erreicht werden. Mit dieser neuen Flexibilität kann der Betrieb der Erzeugungsanlagen auf die Einleitung von im Umland erzeugtem regenerativem Strom aus Wind- und Solaranlagen zum Verbrauch im Netzgebiet von Frankfurt (Oder) effektiv angepasst werden.

▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Hohe Flexibilität erreicht**

Im Projektzeitraum haben wir mit unseren Partnern intensiv gearbeitet und ein Konzept für die Umsetzung entwickelt. Die sich daraus ergebenden Maßnahmen wurden definiert, in Aufgabenstellungen beschrieben und umgesetzt. Ein Teilprojekt beschäftigte sich mit der Erfassung von zusätzlichen Messwerten aus dem Fernwärmenetz. Diese sind zur Bestimmung der Energiemenge im Fernwärmenetz erforderlich und geben uns die Möglichkeit, das Netz als Energiespeicher zu verwenden. Wie erwartet ist der Einfluss dieser Komponente nicht zu unterschätzen, um eine möglichst realitätsnahe Abbildung der fernwärmegeführten Fahrweise zu erhalten.

Wir haben uns entschieden, die softwareseitige Umsetzung des Projekts mit dem EMS-EDM Prophet® unseres Partners Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB durchzuführen. In Workshops wurde die Erstellung der Simulationsmodelle und der Ressourcenplanungskomponenten erarbeitet. Auf dieser Grundlage wurden die Ressourcenplanungsmodelle entwickelt. In umfangreichen Tests haben wir deren Wirksamkeit nachgewiesen.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // **Effektiv in die Energiewende starten**

Mit Beginn der Heizperiode 2019/20 wurde das Gesamtsystem im täglichen Einsatz getestet. Die Tests umfassten die tägliche Einsatzplanung für die Beschaffungsprozesse sowie die Unterstützung der Dispatcher bei der Entscheidungsfindung zur weiteren Fahrweise nach unvorhergesehenen Ereignissen.

Unsere besuchbaren Orte Heizkraftwerk Frankfurt (Oder) und die WÜST 8.0 bleiben auch über den Projektzeitraum hinaus geöffnet. Interessenten können sich online über die Website der Stadtwerke Frankfurt (Oder) anmelden. Mit einer Ausstellung zum Gesamtprojekt werden wir die breite Öffentlichkeit weiter informieren.

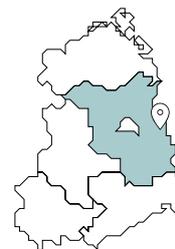


Während des Projektzeitraumes waren 28 Teilnehmer aktiv an der Entwicklung und Einbindung der neuen Softwarelösung in unsere Prozesse beteiligt.



TAP
2.3

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten identifizieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**

Grenzüberschreitende
Systemintegration

► **Förderkennzeichen**

03SIN532

► **Partner des Projekts**

▷ **VERBUNDPARTNER**

Stadtwerke Frankfurt (Oder) GmbH

► **Kontakt**

Harald Wolf
T +49 335 5533517
harald.wolf@stadtwerke-ffo.de

► **Besuchbare Orte**

Wärmeübertragerstation 8.0

Slubicer Straße
15230 Frankfurt (Oder)
Anmeldung erforderlich

Heizkraftwerk Frankfurt (Oder)

Am hohen Feld 4
15236 Frankfurt (Oder)
Anmeldung erforderlich

▷ **BESUCHERANFRAGEN AN**

windnode@stadtwerke-ffo.de



▲ Wärmeverteileranlage im Fernwärmenetz von Frankfurt (Oder).



Weitere Infos unter
www.stadtwerke-ffo.de



▲ René Markgraf, Geschäftsführer IBAR Systemtechnik GmbH, in der Firmenzentrale.

KEMS – das Kommunale Energiemanagementsystem

Im Zuge der Energiewende wird die Erhaltung einer planbaren, weiterhin gewohnt sicheren und wirtschaftlichen Energieversorgung immer wichtiger. Dafür ist es auch entscheidend, in kommunalen Versorgungsstrukturen sowie übergeordneten Netzebenen eine Einbindung weiterer und teilweise neuer Akteure zu realisieren und Bestehendes zu optimieren. Ein Kommunales Energiemanagementsystem (KEMS) soll zeigen, wie und unter welchen Bedingungen diese Zielstellung erreicht werden kann.



„Für IBAR als mittelgroßes Unternehmen (KMU) bietet die Teilnahme an einem regional- und branchenübergreifenden Netzwerk wie WindNODE einzigartige Geschäftsperspektiven.“

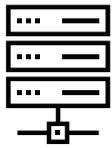
René Markgraf
Geschäftsführer,
IBAR Systemtechnik GmbH

▷ HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // Intelligente Energienetze

Im Rahmen des fortlaufenden Energiewendeprozesses können und müssen Versorgungsunternehmen insbesondere auf kommunaler Ebene mit einer deutlich aktiveren Rolle zukunftsorientierte Digitalisierungsprozesse und damit einhergehend neue Geschäftsmodelle sowie energienahe Dienstleistungen etablieren.

Der Schwerpunkt in diesem WindNODE-Arbeitspaket liegt auf einer zukünftig immer umfangreicher werdenden Einbindung dezentraler Flexibilitäten (d. h. Erzeugungsanlagen, Verbraucher, Energiewandler) in regionale, sektorübergreifende Versorgungsstrukturen. Damit geht die digitale Zusammenführung und Vernetzung dieser Infrastrukturkomponenten einher.

Das hierfür bei der IBAR Systemtechnik GmbH entwickelte KEMS ermöglicht es Stadtwerken und allgemein kommunalen Einrichtungen, bisher ungenutzte Ressourcen effektiv zu verwerten. Das Energieleitsystem erfasst und visualisiert hierfür Daten und Versorgungsstrukturen (u. a. Strom, Wärme, Gas) auf einer gemeinsamen Plattform. Zusätzlich wird eine Simulationsumgebung geschaffen, in der u. a. auch Wirtschaftlichkeitsaspekte im Hinblick auf die Einbindung neuer Betriebsmittel betrachtet und analysiert werden können. Ein weiterer Bestandteil der Arbeit ist das Erproben neuer, technologieübergreifender Betriebskonzepte und Geschäftsmodelle für die Energievermarktung. Hierfür sind Schnittstellen zur Einbindung von Markt- und Prognosedaten vorgesehen.



10 Mio. Prozessvariablen im System

Bis zu 2.048 Server

Skalierbar – vom kleinen Einplatzsystem bis hin zum vernetzten, redundanten High-End-System mit mehr als 10 Millionen Prozessvariablen bzw. Tags

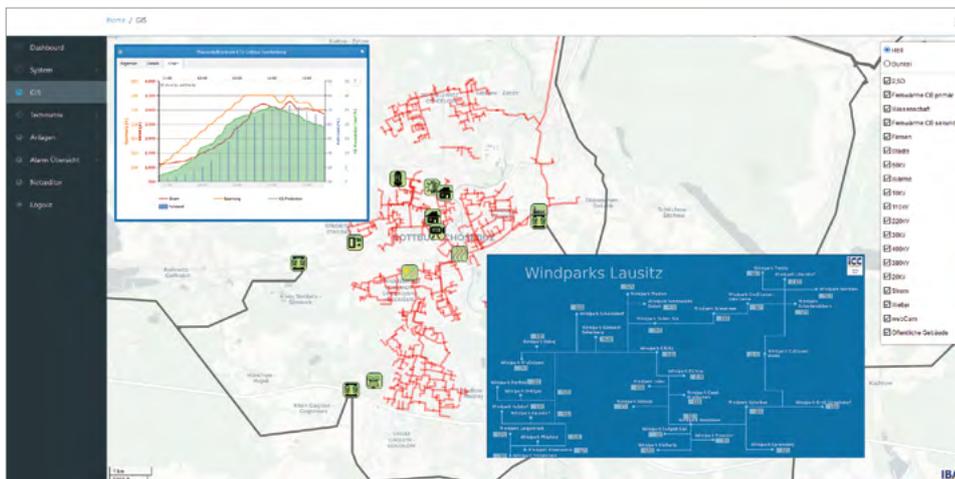
▷ PROJEKTERGEBNISSE // Alles auf eine dynamische Karte

Beginnend mit der Erstellung einer Grundstruktur für das KEMS wurden Zielsetzung, Funktionsumfang sowie die Betrachtung der Zielgruppen definiert. Eine zentrale Rolle spielt von Beginn an die Entwicklung eines Geoinformationssystems (GIS) als informative und interaktive Bedienebene, welches auf einer robusten, für kritische Infrastrukturen ausgelegten Entwicklungsumgebung und Datenbank aufsetzt und kontinuierlich im Funktionsumfang, in der Performance und in der Bedienung weiterentwickelt wird. Für die Anbindung sowie die Darstellung diverser Netzteilnehmer und -strukturen erfolgte zunächst der Entwurf einer effizienten Softwareschnittstelle sowie eines passenden, normierten, aber flexiblen Datenmodells. Damit war und ist es möglich, die einzelnen Teilnehmer einer (regionalen) Versorgungsinfrastruktur auf dem GIS zu visualisieren und Statusinformationen zu diesen sowie zur Netzinfrastruktur in Echtzeit bereitzustellen. Dabei wurde stets ein besonderes Augenmerk auf den Datensicherheitsaspekt gelegt.

Um die Marktakzeptanz sowie das öffentliche Interesse zu fördern, war es wichtig, ein nicht nur funktionales, sondern auch optisch ansprechendes und in der Bedienung intuitives Produkt zu schaffen. Aufgrund dessen hat die Entwicklung der Oberfläche und der Detailvisualisierungen bis heute einen hohen Stellenwert. Funktional wird das KEMS mit der Entwicklung von sektorübergreifenden Netzwerksimulationsfunktionalitäten (DNE – Dynamischer Netzeditor) auf eine neue Ebene gehoben. Der DNE schafft in Kombination mit entsprechenden Simulationstools den entscheidenden Schritt zu Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen beginnend auf der Quartiersebene und darüber hinaus.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // Effektives Management der Daseinsvorsorge

Die Energieleitzentrale soll ein umfassendes Monitoring und eine Steuerung kommunaler Versorgungsinfrastrukturen ermöglichen, mit dem konsequenten Ansatz einer Skalierbarkeit und standardisierten, modularen Erweiterbarkeit dieses Systems. Das GIS stellt hierfür ein reales, geokorrektes Abbild einer jeweiligen Kommune und ihrer zugehörigen Versorgungsinfrastruktur bereit. Um die dazu notwendigen Datenmengen zu übertragen, werden ein zentrales Rechenzentrum sowie spezielle Weblösungen benötigt. Neben einem intelligenten Echtzeitmanagement unter Einbeziehung von Methoden und Potenzialen der künstlichen Intelligenz (KI) soll das KEMS in Zukunft auch ganze Betriebsführungsszenarien und Strategieüberlegungen simulieren können.



▲ Das Kommunale Energiemanagementsystem im Einsatz bei der IBAR Systemtechnik GmbH in Cottbus.



TAP
2.4

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten aktivieren
Energiesystem digitalisieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**
Kommunales Energiemanagementsystem (KEMS) in Cottbus

► **Förderkennzeichen**
03SIN518

► **Partner des Projekts**

► **VERBUNDPARTNER**
Brandenburgische Technische
Universität Cottbus-Senftenberg
Fachgebiet Kraftwerkstechnik
HKWG Heizkraftwerksgesellschaft
Cottbus mbH
IBAR Systemtechnik GmbH

► **Kontakt**

IBAR Systemtechnik GmbH
René Markgraf
Ewald-Haase-Straße 18
03044 Cottbus
ibar-gmbh@ibar.de

► **Besuchbare Orte**

Kommunale Energieleitwarte
und Kommunales Energiemanagementsystem (KEMS)
Ewald-Haase-Straße 18
03044 Cottbus
Nach Anmeldung

► **BESUCHERANFRAGEN AN**
ibar-gmbh@ibar.de



Weitere Infos unter
www.ibar.de



Beteiligte Partner





84–99



Effiziente Betriebskonzepte für Stromnetze

Die Übertragungs- und Verteilungsnetze werden durch die Einspeisung großer Mengen erneuerbarer Energie vor erhebliche Herausforderungen gestellt.

In diesem Arbeitspaket entwickelten wir technische Komponenten und Verfahren für einen effizienten Betrieb und die Minimierung des Ausbaubedarfs an den Übertragungs- und Verteilungsnetzen.



Das Arbeitspaket 3 wurde bis zum 31. Dezember 2018 von Prof. Dr. Harald Schwarz und Dr. Erik Blasius (Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg) ehrenamtlich koordiniert. Zum 1. Januar 2019 wurde diese Aufgabe von Prof. Dr. Kai Strunz und Despina Koraki (Fachgebiet Energieversorgungsnetze und Integration Erneuerbarer Energien (SENSE) der Technischen Universität Berlin) übernommen.



◀ Die Visualisierungsplattform des „Echtzeitlabors der Energiewende“ in der Web-App.

Echtzeitlabor der Energiewende

Das Echtzeitlabor der Energiewende ist ein besuchbarer Ort mit der Möglichkeit, das derzeitige und zukünftige Energiesystem mit hohem Anteil erneuerbarer Energie interaktiv und in Echtzeit kennenzulernen. Um möglichst viele Zielgruppen unterschiedlichen Wissensstands zu erreichen, wurde ein integrativer Ansatz gewählt, der von Erlernen über Erleben bis zu Erforschen führt.



„Unsere Modelle öffnen einen Blick hinter die Kulissen der Energiewende und vermitteln einem möglichst großen Publikum Wissen und Fakten in spielerischer Form. Diese Weitergabe ist gerade in unserer heutigen Zeit eine bedeutende Aufgabe und zugleich große Herausforderung, um wichtige Themen wie die Energiewende erfolgreich fortzuführen.“

Despina Koraki
Wissenschaftliche Mitarbeiterin
und WindNODE-Koordinatorin AP3,
TU Berlin

Prof. Dr.-Ing. Kai Strunz
Leiter des
Fachgebiets SENSE,
TU Berlin

▷ HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Alles kein Problem – oder?**

Im Zuge der Energiewende ändert sich das Zusammenwirken von Energieerzeugung und -verbrauch grundlegend. Aufseiten der Erzeugung werden verhältnismäßig wenige konventionelle Kraftwerke durch eine große Anzahl von wetterabhängigen Einzelanlagen abgelöst. Andererseits diversifiziert sich auch die Verbraucherseite, besonders durch die Kopplung der Sektoren Strom, Wärme und Mobilität. Es ist die Aufgabe der Stromnetzbetreiber, in dieser neuen Situation die Qualität und Sicherheit der Stromversorgung weiter hochzuhalten. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist die Flexibilisierung von Stromerzeugung und -verbrauch, die durch neue Technologien und möglichst viele aktive Teilnehmer am Energieversorgungssystem erreicht werden kann.

Um die Akzeptanz für diese weitreichenden Veränderungen zu erhöhen, müssen die notwendigen technischen Innovationen und wirtschaftlichen Anreize der zukünftig nachhaltigen Energieversorgung für ein breites Publikum besser greifbar gemacht werden. Das Fachgebiet SENSE beschäftigt sich u. a. mit den Forschungsthemen der modernen Netzbetriebsführung und der Sektorkopplung und führt im eigenen Smart-Grid-Labor Versuche durch, bei denen physische und virtuelle Komponenten in Echtzeit gekoppelt sind. Im Rahmen des WindNODE-Projekts wurde eine interaktive Visualisierungsplattform als Webapplikation (siehe Darstellung oben) entwickelt, die das Zusammenspiel von Stromerzeugung, -verbrauch und -verteilung darstellt und erlebbar macht.

Mehr als 150

Studenten und Experten aus 10 verschiedenen Ländern haben bisher das Echtzeitlabor Energiewende besucht.

▷ PROJEKTERGEBNISSE // In drei Schritten zum Energiekenner

Teil des Echtzeitlabors der Energiewende ist die webbasierte Visualisierungsplattform, die direkt mit der Laborhardware kommuniziert und interagiert. Über die Visualisierungsplattform werden sowohl Simulationen virtueller Energiesysteme durchgeführt als auch die Laborkomponenten angesteuert, darunter Wechselrichter, Batterien und Power-to-Heat-Anlagen. Durch diese Kopplung von virtuellen und physischen Komponenten ergibt sich eine praxisorientierte Forschung, ohne ein komplettes Stromnetz im Labor nachbauen zu müssen. Um die virtuellen Netzmodelle, die Benutzeroberfläche und die Laborkomponenten zu überwachen und zu steuern, wurde das am CERN¹ entwickelte und quelloffene SCADA-System C2MON² verwendet und um die speziellen Anforderungen eines Smart Grids erweitert.

Die Visualisierungsplattform hat den Anspruch, verschiedene Nutzergruppen zu adressieren, von der interessierten Öffentlichkeit über Studenten bis hin zu Forschern und Experten der Energiebranche. Daher ist die Plattform in die drei Bereiche „Erlernen“, „Erleben“ und „Erforschen“ unterteilt, die aufeinander aufbauen und die Detailtiefe und Komplexität der Thematik schrittweise erhöhen.

Im Abschnitt „Erlernen“ werden technische und wirtschaftliche Grundlagen des Energiesystems vermittelt. So wird in der „Marktphase“ der Handel mit Strom an der Strombörse gezeigt. In der „Flexibilitätsphase“ werden die Handelsergebnisse hinsichtlich ihrer technischen Umsetzung im Netzbetrieb erläutert.

Diese Themen werden dann weiter im Abschnitt „Erleben“ mithilfe von interaktiven Spielen vertieft. Die Nutzer können Flexibilitäten, also besonders flexible Stromerzeugungs- oder -verbrauchsanlagen, in der Marktphase handeln und in der Flexibilitätsphase für Engpassmanagement einsetzen.

Im Abschnitt „Erforschen“ können dann physische Laborkomponenten Teil der Simulation werden, um innovative Konzepte des Netzbetriebs im Labormaßstab und in Echtzeit zu testen. Diese Innovationen basieren auf aktueller Forschung des Fachgebiets und umfassen bisher die Sektorkopplung von Strom-Wärme/Strom-Mobilität sowie eine integrierte Markt- und Netzbetriebsführung, wodurch Flexibilitäten effizienter eingesetzt werden.



◀ Live-Demonstration des Echtzeitlabors der Energiewende vor einer Studentengruppe.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // Gemeinsam Wissen schaffen

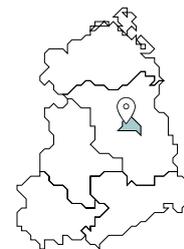
Mit dem „Echtzeitlabor der Energiewende“ ist der Ansatz des Schaufensters wörtlich genommen und mithilfe einer Visualisierungsplattform realisiert worden, die es Nutzergruppen mit unterschiedlichem Wissensstand erlaubt, das Thema näher kennenzulernen und bei Interesse zu vertiefen. Die Visualisierungsplattform wurde so konzipiert, dass neue Erkenntnisse aus Forschung und Industrie fortlaufend integriert werden können. In diesem Zusammenhang wurden bereits erfolgreich Teilergebnisse aus den vom BMWi geförderten Projekten OptNetzE und EchtEWende integriert.



TAP
3.1

HANDLUNGSFELD

Flexibilitäten aktivieren
Energiesystem digitalisieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**
Echtzeitlabor Energiewende

► **Förderkennzeichen**
03SIN539

► Partner des Projekts

▷ VERBUNDPARTNER

Technische Universität Berlin
Fachgebiet Energieversorgungsnetze und Integration Erneuerbarer Energien (SENSE)

▷ ASSOZIIERTER PARTNER

VSU Neue Energien
Deutschland GmbH

► Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Kai Strunz

► Besuchbare Orte

Echtzeitlabor Energiewende
Technische Universität Berlin
Einsteinufer 11 (EMH-1)
10587 Berlin
Nach Anmeldung

▷ BESUCHERANFRAGEN AN

sekretariat@sense.tu-berlin.de

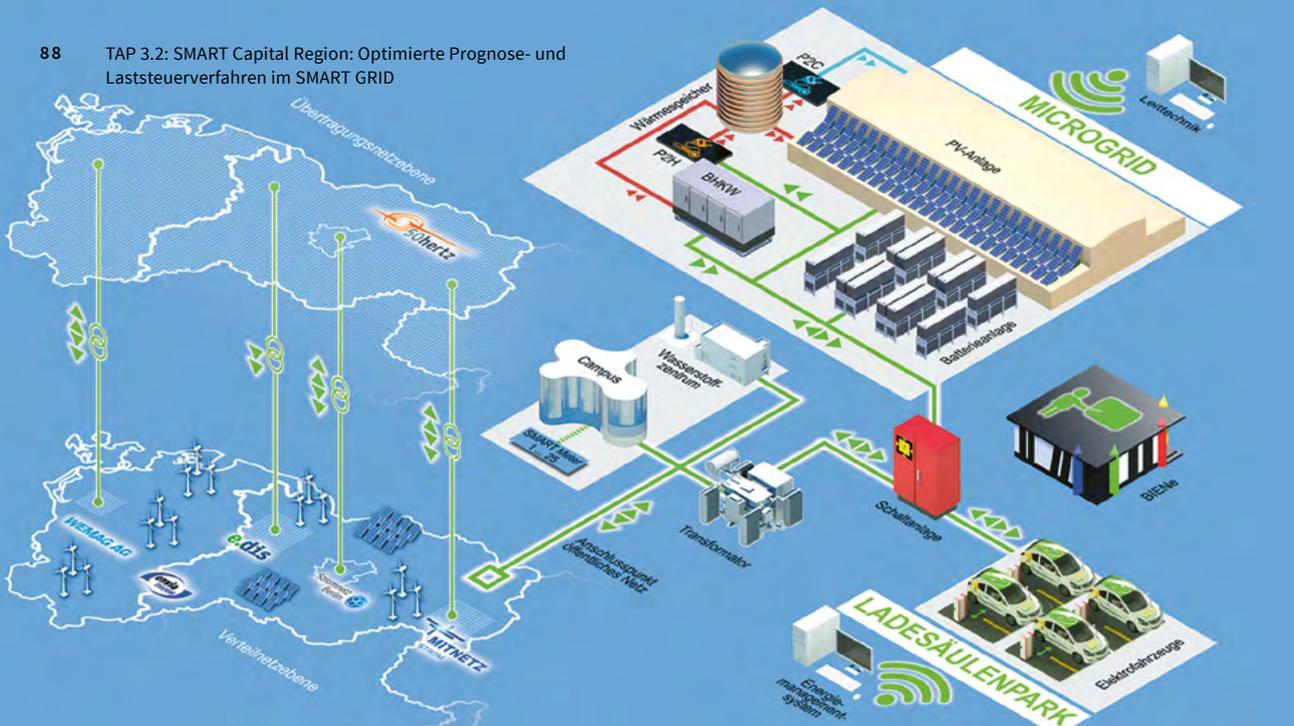


Weitere Infos unter

www.sense.tu-berlin.de

¹ Europäische Organisation für Kernforschung.

² The Open Source solution to your data and process monitoring needs, <https://c2mon.web.cern.ch/c2mon/>.



▲ BTU Smart Grid: Bestehend aus einer Photovoltaikanlage, einem BHKW, einem Batteriespeicher, einem Ladesäulenpark mit Elektrofahrzeugen sowie einer Power-to-Gas-, Power-to-Heat- und Power-to-Cold-Anlage.

SMART Capital Region 2.0: intelligente Energie aus dem Nordosten Deutschlands

In SMART Capital Region 2.0 (SCR 2.0) wird ein Beitrag dazu geleistet, dass die immer häufiger auftretenden regenerativen Überschüsse im Nordosten Deutschlands durch steuerbare Lasten und Speicher besser in der Region genutzt werden können. In SCR 2.0 wird demonstriert, wie die Verteilung der regenerativen Erzeugung und Residuallast in einer Web-Applikation auf überregionaler Ebene funktioniert.



„Unser intelligentes Netz (Smart Grid) stellt im Kleinen ein mögliches Stromversorgungssystem der Zukunft dar.“

Prof. Dr. Harald Schwarz
Lehrstuhlinhaber Energieverteilung und Hochspannungstechnik,
BTU Cottbus-Senftenberg

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // Von fossiler zu grüner Energie

Treiber unserer Arbeit in diesem WindNODE-Arbeitspaket ist der durch die Energiewende ausgelöste Transformationsprozess des gegenwärtigen Energieversorgungssystems. Dieses baut auf fossilen Energieträgern auf und wird nun in ein System auf Basis erneuerbarer Energien überführt. An der damit verbundenen Schnittstelle von Politik, Wirtschaft und Wissenschaft arbeiten wir an Lösungen für die Stromversorgung der Zukunft.

In einigen Netzgebieten Brandenburgs liegt der Anteil erneuerbarer Energie schon heute bei über 100 Prozent. Das führt jedoch nicht zur Vollversorgung, sondern zu Tagen mit extremer Überproduktion oder zu solchen, an denen fast gar kein grüner Strom erzeugt wird. Die damit einhergehende Ausbalanzierung eines zunehmend wetterabhängigen Stromangebots und einer schwankenden Stromnachfrage wird immer komplexer und stellt neue Anforderungen an das Energieversorgungssystem. Dieser Aufgabe stellen wir uns, indem wir die konventionelle Netzinfrastruktur unseres Micro Grids durch innovative Informations- und Kommunikationstechnik verbessern. Mithilfe dieses exemplarischen Smart Grids kann die zunehmende Anzahl von dezentralen Stromerzeugern, Stromspeichern und Stromverbrauchern beherrscht werden.

▷ PROJEKTERGEBNISSE // Den Lastgang der BTU sichtbar machen

Das WindNODE-Arbeitspaket 3.2 wurde im Rahmen der Forschungsarbeit der BTU in sieben Arbeitspläne aufgeteilt. Im Arbeitsplan 1 wurden die Lastgangdaten der BTU untersucht und mittels eines selbst entwickelten Algorithmus geclustert und systematisiert. Es wurde im nächsten Schritt ein Standardlastprofil (SLP) entwickelt, welches mit den Lastprofilen anderer Universitäten verglichen wurde. Das BTU-SLP wurde für einen ebenfalls eigenentwickelten Prognose- und Optimierungsansatz verwendet. Das BTU-SLP wurde im Micro Grid (Arbeitsplan 2) auf Praxistauglichkeit untersucht und im Rahmen des besuchbaren Ortes visualisiert. Im Rahmen des dritten Arbeitsplans wurden Betriebsstrategien entwickelt, welche einen netzdienlichen Betrieb der Komponenten des Wärme- und Kälteanlagenverbunds ermöglichen. Hierbei steht die Sektorkopplung im Vordergrund. Die Nutzung von Elektrofahrzeugen als steuerbare Last und Speicher ist im Rahmen des Arbeitsplans 4 erfolgreich untersucht worden. So ist es möglich, Elektrofahrzeuge zur Frequenzstabilisierung einzusetzen. Hierzu wurden Strategien entwickelt und untersucht. Die Visualisierung der Netzbetreiberdaten wurde im Arbeitsplan 5 erfolgreich realisiert. Jetzt ist es möglich, fast taggleich die aktuellen Netzdaten aufbereitet zu erleben. Hierfür wurde der Power System Simulator (PSS, Arbeitsplan 6) als besuchbarer Ort aufgebaut.

Über **1.800.000.000**
 Datensätze werden und wurden im Rahmen des Projekts ausgewertet.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // E-Mobilität in der Praxis erprobt

Mit den erzielten WindNODE-Ergebnissen werden wir anschließend untersuchen, wie im konkreten Fall die batterieelektrischen Fahrzeuge netzdienlich geladen werden können, ohne die Dienstleistung Mobilität für den Endkunden einzuschränken. Daraufhin soll eine Software entwickelt werden, mit welcher der Nutzer seine individuellen Präferenzen und Fahrten planen kann. Diese Auswirkungen sollen dann im Micro Grid analysiert und auf die realen Netze skaliert werden.

Arbeitsplan 7: Stakeholderdialoge und Ergebnistransfer im WindNODE-Arbeitspaket 3

- ▷ Ansprechpartner für Stakeholder, Presse und externe Besucher
- ▷ Sicherstellung einer einheitlichen Kommunikationsstrategie

Arbeitsplan 6: Power System Simulator PSS als „besuchbarer Ort“ in WindNODE

- ▷ Support bei Teilpaket WebApp
- ▷ Aufbau und Dokumentation des PSS als besuchbarer Ort

Arbeitsplan 5: WebApp

- ▷ Support bei Visualisierung von Daten aus SMART Campus, Micro Grid und Teilpaketen Wärme / Fahrzeug

Arbeitsplan 1: SMART - Campus

- ▷ 25 Gebäude mit Smart Meter
- ▷ Power-to-Gas, Gasspeicher
- ▷ Andere BHKW, Geothermie, Wärmespeicher der BTU

Arbeitsplan 2: Micro Grid

- ▷ Photovoltaikanlage
- ▷ Batteriespeicher
- ▷ Micro-Grid-Leitsystem

Arbeitsplan 3: Wärme

- ▷ BHKW
- ▷ Power-to-Heat
- ▷ Power-to-Cold
- ▷ Wärmespeicher

Arbeitsplan 4: Elektrofahrzeuge als Speicher und steuerbare Last

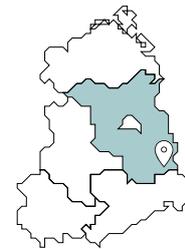
- ▷ Fahrzeugflotte
- ▷ Fernsteuerbare Ladesäulen in Brandenburg
- ▷ Vehicle-to-Grid
- ▷ Power-to-Vehicle

▲ Die schematische Übersicht zeigt, wie die einzelnen Arbeitspläne innerhalb des Projekts miteinander verbunden sind. Der Schwerpunkt liegt hier bei den Arbeitsplänen 1 - 4.



TAP
3.2

HANDLUNGSFELD
Energiesystem digitalisieren



► Titel des Teilarbeitspakets

SMART Capital Region: Optimierte Prognose- und Laststeuerverfahren im Smart Grid

► Förderkennzeichen

03SIN507

► Partner des Projekts

▷ VERBUNDPARTNER

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg

Stromnetz Berlin GmbH

WEMAG Netz GmbH

▷ ASSOZIIERTE PARTNER

E.DIS AG

envia THERM GmbH

Mitteldeutsche Netzgesellschaft Strom mbH

► Kontakt

BTU Cottbus-Senftenberg

Dipl.-Ing. Bastian Garnitz

T +49 355 695578

bastian.garnitz@b-tu.de

► Besuchbare Orte

Besucherzentrum Intelligente Energie Netze (BIENe)

Konrad-Wachsmann-Allee

03046 Cottbus

Nach Anmeldung

Power System Simulator (PSS)

Siemens-Halske-Ring 13

03046 Cottbus

Nach Anmeldung

▷ BESUCHERANFRAGEN AN

marika.scholz@b-tu.de



Weitere Infos unter

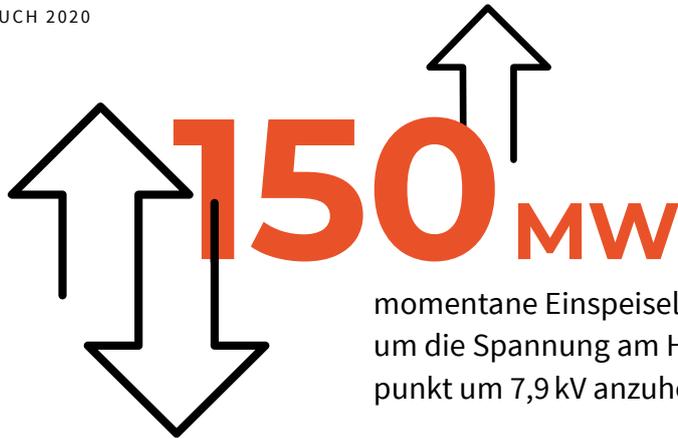
www.smartcapitalregion.de



▲ Blick in die Netzleitwarte der WEMAG Netz GmbH, in der das Intelligente Blindleistungsmanagementsystem (IBMS) zur Anwendung kommt.

Spannungshaltung mit dezentralen Erzeugungsanlagen – ein Werkzeug für das Verteilungsnetz

Die Verdrängung der Großkraftwerke aus dem Energiesystem und der hierfür erforderliche Netzausbau führen zunehmend zu Änderungen in der Systematik der Systemdienstleistungserbringung. Wurde der für die Spannungsstabilität erforderliche Blindleistungsbedarf der Netze bisher vor allem von Großkraftwerken und Kompensationseinrichtungen im Übertragungsnetz gedeckt, wird diese Aufgabe in der Zukunft zunehmend dezentralisiert aus den unterlagerten Verteilungsnetzen erbracht werden müssen. Der Ansatz der WEMAG Netz GmbH beinhaltet eine gezielte Nutzung von dezentralen Erzeugungsanlagen im Verteilungsnetz zur Spannungsblindleistungssteuerung gemäß den Anforderungen des Verteilungs- und Übertragungsnetzes.



150 MW

momentane Einspeiseleistung konnten genutzt werden, um die Spannung am Höchstspannungsverknüpfungspunkt um 7,9 kV anzuheben bzw. um 5,7 kV abzusenken.

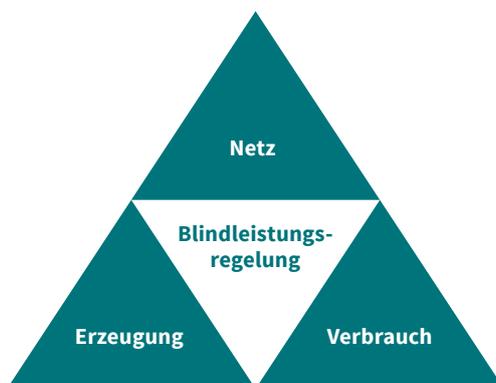
▷ HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Dezentralisierung der Erzeugung erfordert mehr Systemdienstleistung aus dem Verteilungsnetz**

Die Integration der erneuerbaren Energien, welche vorrangig in den Verteilungsnetzen angeschlossen werden, bedingt neben dem Ausbau der Übertragungskapazitäten zunehmende Anpassungen im Systembetrieb der Verteilungs- und Übertragungsebene. Die Dezentralisierung der Erzeugungsstruktur hat dabei auch eine direkte Auswirkung auf den Bedarf und die Bereitstellung von Systemdienstleistungen (SDL). Mit der Verdrängung konventioneller Erzeugung und dem Zuwachs an Leitungslängen in allen Netzebenen steigen u. a. auch die Anforderungen an die SDL „Spannungshaltung“.

Ein wesentlicher Faktor für die Spannungshaltung ist die Blindleistungsbereitstellung aus Erzeugungsanlagen (EZA) und Netzbetriebsmitteln. Die starke Fluktuation in der Leistungsbereitstellung und die damit verbundenen schnellen Änderungen von Netzzuständen führen zusätzlich zu einem steigenden Bedarf der Flexibilisierung in der Blindleistungskompensation.

Zur flexibleren Bereitstellung von Blindleistung aus dem Verteilungsnetz ist die Schaffung von Regel- bzw. Steuerungsmöglichkeiten für Wind- und PV-Anlagen erforderlich. Das WindNODE-Projekt der WEMAG befasst sich mit der Umsetzung einer derartigen Steuerung, direkt aus dem Leitsystem. Mit diesem soll auf aktuelle Anforderungen aus dem Verteilungs- oder Übertragungsnetz reagiert werden können. Diese Anforderungen umfassen auch die Bereitstellung von Blindleistungsmengen an einem vorgegebenen Verknüpfungspunkt. Zusätzlich wird daran gearbeitet, dass definierte Sollspannungen direkt durch automatisch bereitgestellte Blindleistung stabilisiert werden. Neben Vorteilen in Hinblick auf die Spannungsqualität, Verlustmengen und Auslastung im Netz werden positive Effekte für die Letztverbraucher und Erzeugungsanlagen erzielt. Während eine optimale Ausnutzung von Netzinfrastrukturen die

▼ Zieldreieck des Projekts:
dynamische Blindleistung im Verteilungsnetz.



Netzbetrieb

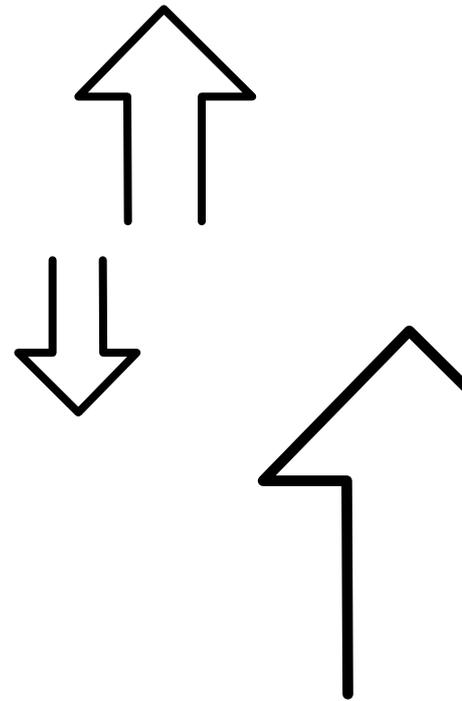
- ▷ Maximierung der Integrationsfähigkeit
- ▷ Minimierung von Netzverlusten
- ▷ Erfüllung der Vorgaben vorgelagerter Netze
- ▶ **Optimierung von Spannungsqualität und Netzauslastung**

Erzeugungsanlagen

- ▷ Maximierung der Wirkleistungseinspeisung
- ▷ Minimierung der Anlagenverluste
- ▶ **Optimierung der Rentabilität der Erzeugungseinheit**

Netznutzer

- ▷ Minimierung der Netznutzungsentgelte für Endkunden
- ▷ Maximierung der Ausnutzung von Ressourcen
- ▶ **Optimierung der Kosten für das Versorgungsnetz**





„Mit dem Ausstieg aus der Kernenergie und dem Kohlestrom werden neue Konzepte für Systemdienstleistungen immer wichtiger. Die im Verteilungsnetz angeschlossenen dezentralen Erzeugungsleistungen können hier einen großen Beitrag zum sicheren Betrieb des Gesamtsystems leisten.“

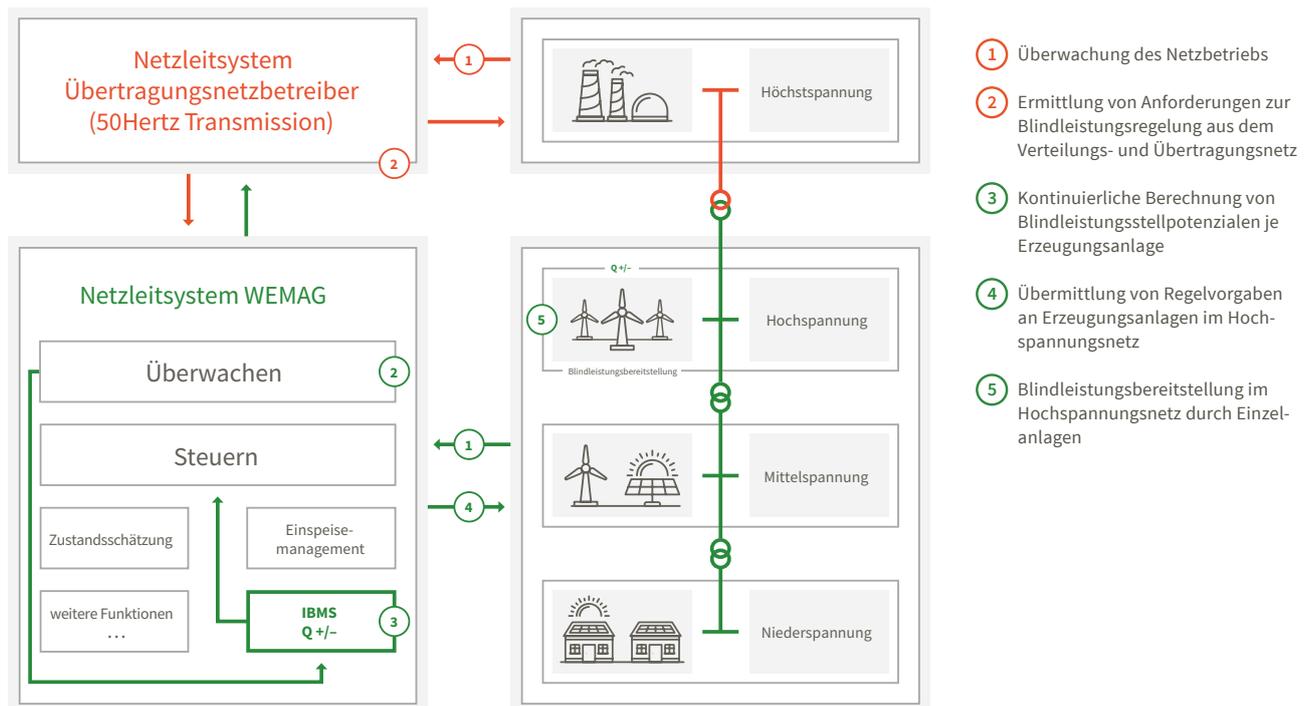
Tim Stieger
WindNODE-Projektleiter,
WEMAG Netz GmbH

Netznutzungsentgelte senkt, kann die netzzustandsabhängige Blindleistungsbereitstellung zu einer Reduktion von Verlusten in der Erzeugungsanlage führen. Ziel ist es, mit der Flexibilisierung der Blindleistungsregelung auf alle Zielgrößen einzuwirken und ein gemeinschaftliches Optimum zu erreichen. Aus diesem Grund wird im Projekt direkt mit mehreren Anlagenbetreibern im Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetz sowie dem Leitsystemhersteller zusammengearbeitet.

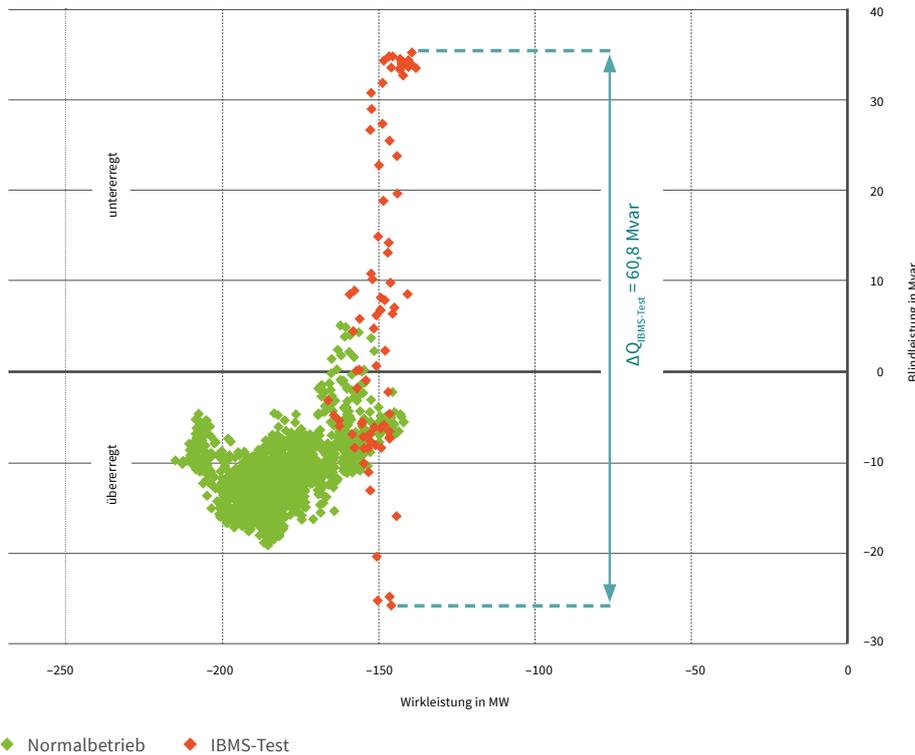
▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Aktive Blindleistungssteuerung über das Leitsystem im Verteilungsnetzbetrieb**

Die WEMAG Netz GmbH arbeitet an der Automatisierung der Blindleistungsbereitstellung und der Optimierung von Anschlussvorgaben dezentraler Erzeugungsanlagen im Verteilungsnetz. Wesentlicher Bestandteil des Projekts ist die Funktionserweiterung des Netzleitsystems um das sogenannte Intelligente Blindleistungsmanagementsystem (IBMS). Der Funktionsumfang des IBMS beinhaltet die fernwirktechnische Einbindung der Erzeugungsanlage, die Berechnung knotenscharfer Blindleistungspotenziale, die Übermittlung direkter Blindleistungsstellbefehle (Sollwertvorgaben) auf Anforderung aus dem Verteilungs- oder Übertragungsnetz sowie die Visualisierung der Regelpotenziale. Die Stellpotenziale im Netz können sowohl anlagenscharf als auch für einzelne Netzverknüpfungspunkte zum Übertragungsnetz aufgerufen werden.

▼ Ablauf des Prozesses im Intelligenten Blindleistungsmanagementsystem (IBMS) im Netzleitsystem der WEMAG.



▼ IBMS-Feldtest, Darstellung der Messwerte vom Höchst-/Hochspannungsumwandler im P-Q-Diagramm.



◀ Im Diagramm sind die abhängigen Wirk- und Blindleistungsmesswerte eines Höchst-/Hochspannungsumwandlers im 1-Minuten-Intervall aufgetragen. Grüne Messpunkte zeigen den Normalbetrieb im Netz mit Standard-Q-Kennlinienvorgaben. Im Zeitraum einer Stunde wurden den im IBMS beteiligten Erzeugungsanlagen untererregte und übererregte Blindleistungen vorgegeben (rote Messwerte). Bei einer momentanen Wirkleistungseinspeisung von ungefähr 150 MW konnte eine Blindleistungsdifferenz von ungefähr 61 MVar von den Anlagen abgerufen werden.



TAP
3.3b

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten identifizieren
Flexibilitäten aktivieren

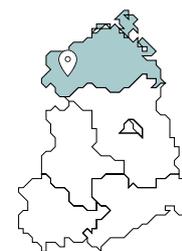
Zur Teilnahme von Erzeugungsanlagen an der Blindleistungssteuerung des IBMS ist eine Präqualifizierung der Einzelanschlussnehmer erforderlich. Aktuell wird der Anlagenpool durch intensive Tests möglicher Erzeuger erweitert. Bis zum Projektende sollen alle Erzeugungsanlagen im Hochspannungsnetz der WEMAG Netz in das System aufgenommen werden, um das maximale Stellpotenzial aus dem Verteilungsnetz auszuschöpfen.

Nach Durchführung mehrerer Feldtests lässt sich das Blindleistungsstellvermögen bereits eindrucksvoll aufzeigen. Das Diagramm visualisiert die Ergebnisse eines solchen Versuchs anhand der gewählten Arbeitspunkte am 380/110-kV-Netzverknüpfungspunkt. Die Änderung der Blindleistungsfahrweise um ca. 61 MVar führte dabei zu einer beachtlichen Änderung der Betriebsspannung im Hochspannungsnetz um bis zu 7,9 Prozent sowie im Höchstspannungsnetz um ca. 5 Prozent.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // **Die Funktion ist da – Skalierung und Einsatz folgen**

Aufbauend auf den bereits implementierten Funktionen des IBMS sollen in den nächsten Projektphasen die Stellpotenziale des Systems durch Präqualifizierung zusätzlicher Anlagen sowie die Optimierung der Methoden des IBMS erhöht werden. Ziel ist eine stärkere Automatisierung des Systems. Hierfür sind die gewonnenen Erkenntnisse bis Projektende durch regelmäßige Feldtests zu vertiefen und die Einbindung der Funktionen in den Regelbetrieb zu forcieren.

Insbesondere die Kooperation mit dem Übertragungsnetzbetreiber 50Hertz steht hier im Vordergrund. Parallel soll das Blindleistungsverhalten der Erzeugungsanlagen im Regelbetrieb (ohne Sollwert aus dem IBMS) weiter untersucht werden. Die Betrachtungen haben zum Ziel, die Anlagenfahrweisen in allen Netzebenen weiter zu optimieren, um Vorteile für Netzkunden und -betrieb zu generieren.



► **Titel des Teilarbeitspakets**
Komponenten für den optimierten Netzbetrieb ... Dynamische Blindleistung, 110-kV-Ebene

► **Förderkennzeichen**
03SIN544

► **Partner des Projekts**

▷ **VERBUNDPARTNER**
WEMAG Netz GmbH

► **Kontakt**
WEMAG Netz GmbH
Obotritenring 40
19053 Schwerin
Philipp Kertscher
philipp.kertscher@wemag-netz.de

► **Besuchbare Orte**
Batteriespeicher Lankow
Neumühler Weg 8
19057 Schwerin
Nach Anmeldung

▷ **BESUCHERANFRAGEN AN**
kontakt@wemag-netz.de

Weitere Infos unter
 www.wemag-netz.de



▲ Bau der 110-kV-Kabeltrasse Oderland der E.DIS Netz GmbH.

Neue Wege bei der Planung einer Kabeltrasse für erneuerbare Energie

Die TU Berlin als WindNODE-Partner hat zur Berechnung der Erwärmung von Erdkabeln das neue Verfahren Cable Earth entwickelt und eröffnet damit neue Wege bei der Planung von Kabeltrassen. Im Rahmen von WindNODE wurde das Verfahren an einer 110-kV-Kabeltrasse der E.DIS Netz GmbH eingesetzt und erprobt. Die 36 Kilometer lange Trasse ist mit Lichtwellenleitertechnik ausgestattet. Die zeitlich und räumlich hochaufgelöste Messung der Kabeltemperatur wurde genutzt, um das Cable-Earth-Verfahren zu kalibrieren und zu validieren.



„Durch die Energiewende entstehen neue technische und ökonomische Herausforderungen für die Kabelnetze. Daher müssen neue Wege bei der Planung, dem Bau und Betrieb von Stromtrassen beschritten werden.“

Prof. Dr. Gerd Wessolek
WindNODE-Projektleiter,
TU Berlin

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Belastbarkeit von Kabeln intelligent berechnen**

Zur Berechnung der Erwärmung von Erdkabeln und damit zur Ermittlung der maximalen Strombelastbarkeit einer Kabeltrasse haben Wissenschaftler an der TU Berlin das Verfahren Cable Earth entwickelt. Bisher wurden in der Energiewirtschaft Berechnungsmodelle eingesetzt, die zuverlässige Aussagen nur für quasistationäre Stromlasten erlauben. Das neue Verfahren basiert auf einem numerischen Simulationsmodell, welches auch volatile Stromlastgänge realitätsnah abbilden kann. Darüber hinaus werden beim Berechnungsverfahren auch die relevanten Einflüsse von Erdboden, Klima und Landnutzung berücksichtigt.

Im WindNODE-Teilarbeitspaket wurde die Zuverlässigkeit des neuen Verfahrens nachgewiesen und damit eine Akzeptanz für neue Berechnungsverfahren in der energiewirtschaftlichen Praxis geschaffen.

Da in der Realität die Variabilität von Standort- und Klimabedingungen einer Kabeltrasse sehr groß ist, wurde das Verfahren an einer 110-kV-Beispieltrasse zur Einspeisung von Windenergie in das Übertragungsnetz erprobt.

130 km 110 kV

Kabeltrassen zur Einspeisung von erneuerbarer Energie in das Übertragungsnetz hat E.DIS in Brandenburg mit Unterstützung des Cable-Earth-Verfahrens geplant und gebaut.

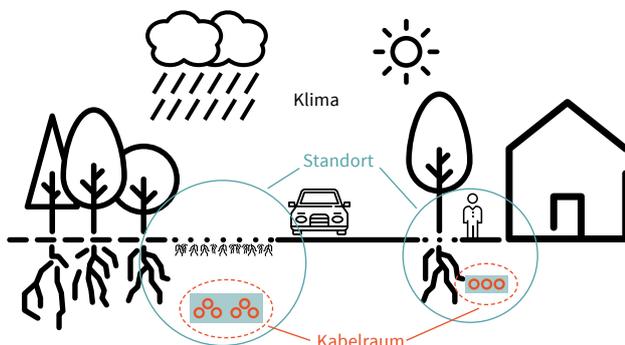
Die 36 Kilometer lange Trasse ist mit Lichtwellenleitertechnik ausgestattet, welche eine zeitlich und räumlich hochaufgelöste Messung der Kabeltemperatur ermöglicht. In Verbindung mit den umfangreichen Informationen zu den im Streckenverlauf vorliegenden geologischen, hydrologischen und nutzungsspezifischen Standortbedingungen und zur technischen Ausführung wurde es möglich, das Cable-Earth-Verfahren zu kalibrieren und zu validieren.

Darüber hinaus wurde das Cable-Earth-Verfahren in Sensitivitätsstudien eingesetzt, um Optimierungspotenziale für den Bau und Betrieb von Kabeltrassen zu identifizieren und die ökologischen Auswirkungen der Trassen zu erkennen.

► PROJEKTERGEBNISSE // Innovationen mit Relevanz

Eine besondere Herausforderung für den gewählten Ansatz ist die enorme Datenmenge, die vom Monitoringsystem erzeugt wird. Um die Daten für die Kalibrierung zu verarbeiten, wurde eine spezielle Software zur Datenverarbeitung entwickelt. Als problematisch für die Testphase erwies sich, dass im Projektzeitraum nur ein Teil der geplanten Windkraftanlagen an die Trasse angeschlossen wurde, sodass die Kalibrierung des Verfahrens nur bei geringen Kabeltemperaturen erfolgen konnte. Daher wurden zusätzliche Labormessungen mit speziellen Bodencontainern durchgeführt.

Die erzielten Ergebnisse zeigen, dass mit dem Cable-Earth-Verfahren alle relevanten Prozesse zum Wärmehaushalt einer Kabeltrasse gut abgebildet werden können und dass eine Berechnung der Kabeltemperatur auch bei stark volatiler Stromlast möglich ist. Bei der Analyse der ökologischen Auswirkungen der Kabeltrassen zeigte sich, dass das Cable-Earth-Verfahren sehr gut geeignet ist, um die Erwärmung des Oberbodens abzubilden. Die Effekte, die von den Kabeltrassen mit volatiler Stromlast ausgehen, sind allerdings gering. Durch den Kabelbetrieb erhöht sich die Bodentemperatur im Hauptwurzelraum um 2–3 Kelvin (K) auf der Kabeltrasse. Schon 2–3 Meter neben der Trasse ist dieser Temperaturanstieg nur noch sehr gering ausgeprägt (1–1,5 K) und mit noch größerer Entfernung kaum noch nachweisbar. Das heißt, die Kabeltrasse ist wie ein Wärmeband in der Landschaft.



◀ Prinzip des Cable-Earth-Verfahrens: Zur Berechnung der Kabelerwärmung werden zahlreiche Einflussfaktoren berücksichtigt.

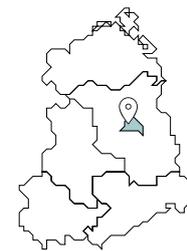
► FAZIT UND AUSBLICK // Angekommen in der Praxis

Aufbauend auf unseren in WindNODE gewonnenen Erkenntnissen wurde das Cable-Earth-Verfahren für die Anwendung in Planung und Bau von Kabeltrassen vorbereitet. Durch die Zusammenarbeit mit den Projektpartnern wurde die Akzeptanz deutlich beschleunigt, und mittlerweile wird das Verfahren in der Realisierung von mehreren Trassenbauprojekten im Rahmen der Energiewende angewendet.



TAP
3.3c

HANDLUNGSFELD
Energiesystem digitalisieren



► Titel des Teilarbeitspakets

Komponenten für den optimierten Netzbetrieb ... Cable Earth für 110-kV-Kabeltrassen

► Förderkennzeichen

03SIN538

► Partner des Projekts

► VERBUNDPARTNER

Technische Universität Berlin, Institut für Ökologie, Fachgebiet Standortkunde/Bodenschutz

► ASSOZIIERTER PARTNER

E.DIS AG

► Kontakt

Technische Universität Berlin
Prof. Dr. Gerd Wessolek
Gerd.Wessolek@tu-berlin.de

Projektmitarbeiter

Dr. Steffen Trinks

steffen.trinks@tu-berlin.de



Weitere Infos unter
www.boden.tu-berlin.de

„Must-Run-Units“ bei WindNODE

Zukünftig wird der Anteil an erneuerbarer Energie am Strommix steigen. Erneuerbare-Energien-Anlagen sind jedoch nicht in der Lage, die für einen sicheren Netzbetrieb nötigen Systemdienstleistungen vollumfänglich zu erbringen. Deshalb muss nach heutigem Stand zu jedem Zeitpunkt eine Mindestkapazität an konventionellen Kraftwerken am Netz verbleiben (Must-Run-Units). An der Universität Rostock wird daran geforscht, wie dieser Anteil so gering wie möglich gehalten werden kann.



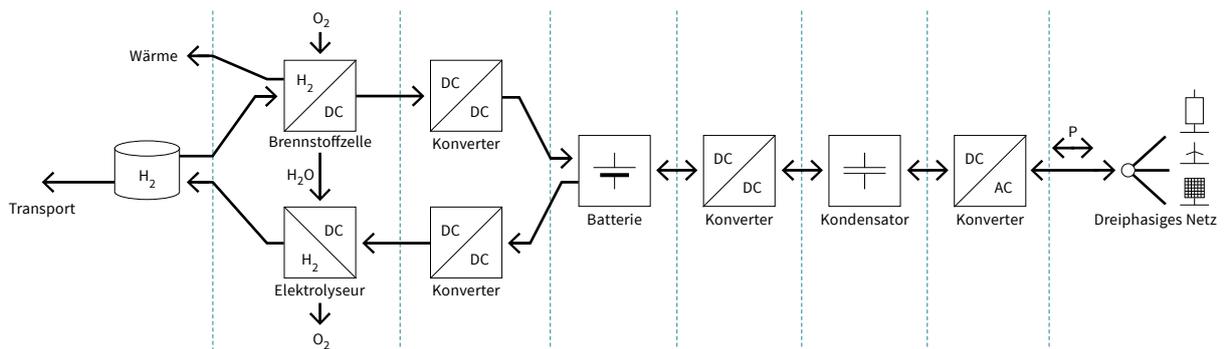
„Durch WindNODE können wir anhand eines bestehenden Energieversorgungsnetzes die vollständige Transformation der elektrischen Energieversorgung untersuchen. Dabei können Vorteile (CO₂-Reduktion), aber auch Nachteile (Versorgungssicherheit) veranschaulicht werden.“

Prof. Dr.-Ing. Harald Weber
 Inhaber des Lehrstuhls für
 Elektrische Energieversorgung,
 Universität Rostock

HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // Stromversorgung ohne thermische Kraftwerke

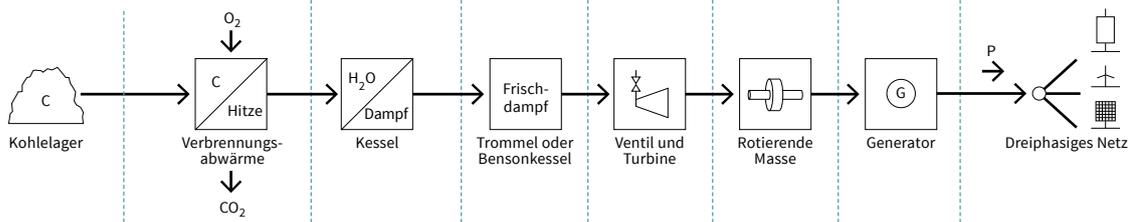
Die Untersuchungen zielen auf ein Kernthema der Energiewende: Wie kann ein sicherer und stabiler Netzbetrieb auch bei steigendem Anteil an erneuerbarer Energie im Netz sichergestellt werden? Dazu muss zu jedem Zeitpunkt das Gleichgewicht an erzeugter und verbrauchter Leistung gewahrt bleiben. Auch die Spannung muss an jedem Punkt im Netz den Vorgaben der Netzbetreiber entsprechen. Mit erneuerbaren Energien allein kann dies derzeit nicht erreicht werden, da diese vom nicht beeinflussbaren Angebot an Primärenergie (z. B. Wind und Sonne) abhängig sind. Die Folge ist, dass permanent eine Mindestkapazität an konventionellen Kraftwerken am Netz verbleiben muss. Das ist auch dann der Fall, wenn eigentlich ausreichend Einspeisung aus erneuerbaren Energien zur Verfügung steht. Grund dafür sind An- und Abfahrzeiten konventioneller Kraftwerke sowie die eingeschränkte Fähigkeit erneuerbarer Energien, Regelleistung zu liefern und somit Abweichungen vom prognostizierten Fahrplan zu kompensieren. Aus umweltpolitischen Gründen soll der Einsatz konventioneller Kraftwerke jedoch zukünftig vermindert oder ganz vermieden werden. Deshalb wurde untersucht, ob die netzbildende Funktion von konventionellen Kraftwerken durch den Verbund von erneuerbaren Energien und Speichertechnologien nachgebildet werden kann.

Neues Wasserstoffspeicherkraftwerk



Prinzipschaltbild eines Wasserstoffspeicherkraftwerks. Die Energiespeicher eines konventionellen Kraftwerks werden durch elektrische und elektrochemische Speicher ersetzt.

Konventionelles Kohlekraftwerk



Speicher: Sekundärregelung	Energieumwandlung Adaption thermisch - chemisch	Wärmespeicher und Umwandlung	Speicher Primärregelung	Energieum- wandlung Adaption thermisch - mechanisch	Speicher Momentan- reserve	Energie- umwandlung Adaption mechanisch - elektrisch	Netz
-------------------------------	---	------------------------------------	----------------------------	---	----------------------------------	--	------



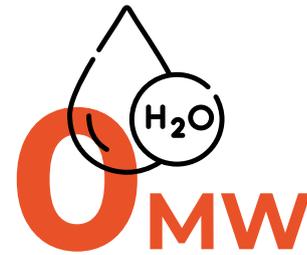
▲ Das Übertragungsnetz der neuen Bundesländer sowie das umgebende europäische Verbundnetz wurden in einem Simulationsmodell nachgebildet.

▷ PROJEKTERGEBNISSE // Von der Kohle zum Wasserstoff

Um ein Netz ohne konventionelle Kraftwerke zu betreiben, muss man zunächst verstehen, welche Funktionen diese aus Sicht der Netzregelung erfüllen und warum diese bisher unverzichtbar sind. So können konventionelle Kraftwerke z. B. einen vorgegebenen Fahrplan abfahren und Laständerungen oder Erzeugungsausfälle ohne Verzögerung und über einen beliebig langen Zeitraum hinweg kompensieren. Diese Aufgabe muss zukünftig durch andere Player im Netz übernommen werden. Die Wahl fiel dabei auf sogenannte Wasserstoffspeicherkraftwerke (H_2 -Speicherkraftwerk). Diese bestehen neben einem Wasserstoffspeicher aus einer Batterie und einem Kondensator. Das und eine spezielle Wechselrichterregelung ermöglichen es, das netzbildende Verhalten konventioneller Kraftwerke nachzubilden. Anhand von Simulationen wurde nun untersucht, ob und wie mithilfe von H_2 -Speicherkraftwerken die Must-Run-Kapazitäten an konventionellen Kraftwerken reduziert werden können. Dazu wurde ein elektromechanisches Simulationsmodell eines solchen H_2 -Speicherkraftwerks sowie des europäischen Verbundnetzes auf Übertragungsebene erstellt. Mit diesem wurden verschiedene Szenarien im Netz untersucht. Der Fokus lag dabei auf dem Netz der neuen Bundesländer. Das Ergebnis: Ein sicherer und stabiler Netzbetrieb ist auch ohne konventionelle Kraftwerke möglich. Voraussetzung dafür ist ein entsprechender Ausbau an Wasserstoffspeicherkraftwerken.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // Auf dem Weg zu hundertprozentigem grünem Strom

Die bisherigen Untersuchungen haben mithilfe einzelner Lastfälle nachgewiesen, dass es grundsätzlich möglich ist, das Netz der WindNODE-Schaufensterregion allein mit Windenergieanlagen und H_2 -Speicherkraftwerken sicher und stabil zu betreiben. Daraus erwächst eine neue Frage: Ist auch eine regenerative Vollversorgung möglich? Diese Frage und insbesondere der dafür nötige Ausbau an erneuerbaren Energien und die nötige Dimensionierung der Speicherelemente müssen nun in weiteren Forschungsprojekten untersucht werden.

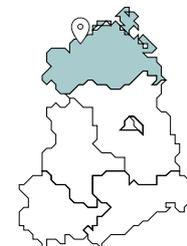


Mithilfe von Wasserstoffspeicherkraftwerken ist es möglich, die konventionellen Must-Run-Units auf null MW zu reduzieren.



TAP
3.3d

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten identifizieren



► Titel des Teilarbeitspakets

Komponenten für den optimierten Netzbetrieb
... Must-Run-Kapazitäten bei WindNODE

► Förderkennzeichen

03SIN541

► Partner des Projekts

▷ VERBUNDPARTNER
Universität Rostock

► Kontakt

Universität Rostock
Prof. Dr.-Ing. Harald Weber
T +49 0381 4987101
harald.weber@uni-rostock.de



Weitere Infos unter
www.iee.uni-rostock.de

Die Niederspannungsebene digital beobachten – mit Online-Betriebsmessung

Verteilungsnetzbetreiber sehen große Herausforderungen und Potenziale in einer stärker digitalisierten Niederspannung. Heute sind Anforderungen an die Niederspannungsebene statistisch sehr gut definierbar – z. B. mit Standardlastprofilen. Das wird sich ändern, da neue Lasten wie Elektromobilität hinzukommen, Kunden ihr Verhalten perspektivisch aufgrund von lastvariablen Tarifen verändern oder Verbraucher ihr Verhalten zeitgleich ausrichten werden. Mit anderen Worten: Es werden mehr Kunden zeitgleich Strom verbrauchen – weil gerade viel günstiger Grünstrom angeboten wird oder abends die Elektrofahrzeuge in der Nachbarschaft parallel geladen werden. Das derzeit angenommene Lastverhalten wird somit stark verändert.

Schon heute hilft moderne Online-Messtechnik, den Energieverbrauch in der 400-V-Niederspannung sichtbar zu machen und Daten in die Netzleitstelle und in eigene IT-Systeme zu übertragen. So können die Netzplanung und die Betriebsführung nachhaltig und effizient angepasst werden.



„Die sichere und verlässliche Bereitstellung von Zustandsdaten der Ortsnetze ist schon heute ein wesentlicher Baustein für die zukünftige Niederspannungsnetzführung.“

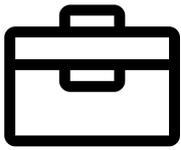
Thomas Röstel
Leiter Asset Strategie,
Stromnetz Berlin GmbH

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // Niederspannung – eine sichere Integration von Flexibilität braucht eine höhere Beobachtbarkeit

Niederspannungsnetze wurden bisher nur sehr rudimentär beobachtet. Mit der Kommunikations- und Messgerätetechnik, die in Netzstationen eingesetzt wird, arbeitet Stromnetz Berlin schon heute daran, die Beobachtung der Zustände im städtischen Niederspannungsnetz zu verbessern. Das Ziel: Netzausbau und Netzführung optimieren. Aufgrund des dynamischer werdenden Rahmens sind dafür genauere und schnellere Zustandsdaten aus dem Netz erforderlich. Diese sind auch für die künftige Betriebsführung im Niederspannungsnetz unerlässlich. Das ist wichtig, um beispielsweise die Elektromobilität effizient in das Berliner Stromnetz zu integrieren. Zudem ist die Beobachtbarkeit der Niederspannungsebene relevant, um Flexibilität aus dieser Spannungsebene sicher bereitzustellen.

Rund **1.150**

Ortsnetzstationen sind bei Stromnetz Berlin inzwischen mit fest installierten Messgeräten ausgestattet.



2.460 Messungen

70 mobile Messkoffer sind ergänzend im Einsatz, und mit ihnen wurden mittlerweile 2.460 Messungen an Ortsnetzstationen durchgeführt, welche noch nicht über fest installierte Messgeräte verfügen.

▷ PROJEKTERGEBNISSE // Daten aus rund 3.600 Ortsnetzstationen

Der Einbau innovativer Messtechnik in die Netzstationen des Berliner Stromnetzes wurde konsequent fortgeführt. Im Februar 2020 verfügte die Messdatenbank von Stromnetz Berlin über Daten von rund 3.600 Ortsnetzstationen. Das heißt: Etwa 45 Prozent des Gesamtbestandes der Betriebsmessungen liegen in Form von Lastgangmessungen vor. In 1.148 Netzstationen wurden Messgeräte fest verbaut und erfassen nun den Jahreslastgang. Etwa 2.460 Netzstationen werden mithilfe eines mobilen Messkoffers – einer Weiterentwicklung der bisherigen Technik – in ihrem Wochenlastgang erfasst.

Durch den Einsatz der neuen Messtechnik verfügt Stromnetz Berlin über deutlich detailliertere Informationen zu Lastverhältnissen. Alle erfassten Zeitreihen stehen den Netzplanern im sogenannten Netzinformationssystem zentral zur Verfügung. So können die neuen Erkenntnisse über sich fortentwickelnde, zunehmend volatile Netznutzung schon heute in der Netzplanung für die Zukunft berücksichtigt werden.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // Ein Baustein für die Niederspannungsnetzführung in Berlin

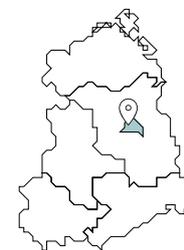
Im nächsten Schritt untersucht Stromnetz Berlin, ob die Geräte auch für die Störungserkennung eingesetzt werden können – als Teil der künftigen Niederspannungsnetzführung. Aus der Analyse der Stromverläufe konnten geeignete Kriterien für die Störungserkennung abgeleitet werden. Nachdem die Gerätesoftware angepasst ist, können diese völlig neuen Funktionen getestet werden, um anschließend festzustellen, ob sich so Störungen schneller und effizienter eingrenzen und beheben lassen. Ferner sollen von einer größeren Anzahl an Ortsnetzstationen die Messwerte online an das zukünftige ADMS (Advanced Distribution Management System) übertragen werden.

- ▼ Mobiler Messkoffer – eine schnelle Erfassung von Lastsituationen erfordert mobile Messgeräte, die im Funktionsumfang identisch mit fest eingebauten Geräten sind.



TAP
3.3e

HANDLUNGSFELD
Energiesystem digitalisieren



► Titel des Teilarbeitspakets

Komponenten für den optimierten Netzbetrieb
... Online-Messtechnik für Ortsnetzstationen

► Förderkennzeichen

03SIN530

► Partner des Projekts

► VERBUNDPARTNER
Stromnetz Berlin GmbH

► Kontakt

Thomas Röstel
thomas.roestel@stromnetz-berlin.de



Weitere Infos unter

www.stromnetz.berlin/fur-berlin/energiewende/energiewende-erleben





Beteiligte Partner





100 – 115



Vernetzter Endkunde

Die Vernetzung steuerbarer Lasten in Haushalten und Gewerbe bietet vielfältige Chancen: Rund um die angebotsorientierte Aufnahme schwankender Energieeinspeisung entstehen zahlreiche neue Dienstleistungen und Geschäftsmodelle.

Bei WindNODE werden hierfür in diesem Arbeitspaket die technischen Grundlagen geschaffen und die notwendigen Datenflüsse organisiert. Neben einem wirtschaftlichen Vorteil für jeden Endkunden erschließt sich damit auch weiteres Effizienzpotenzial für das gesamte Energiesystem.



Das Arbeitspaket 4 wurde bis ins Frühjahr 2020 von Dr. Sandra Maeding (Stromnetz Berlin GmbH) ehrenamtlich koordiniert. Seitdem hat Lisa Hankel (Stromnetz Berlin) diese Aufgabe übernommen.



Flexibilität sicher vernetzt und vermarktet

Die Partner Energy2market GmbH (e2m) und Fraunhofer FOKUS sowie das Industrie-forum VHPready e. V. als assoziierter Partner verfolgen das Ziel, die standardisierte und marktgerechte Nutzung dezentraler Flexibilität voranzutreiben. Im Rahmen des Projekts haben die Konsortialpartner daher ein besonderes Augenmerk auf die Untersuchung und Weiterentwicklung von technischen Steuerungs- und Anbindungsstandards und die Integration von Flexibilität aus Prosumern in den Strommarkt gelegt.



„Standardisierte Plattformökonomie in Form von virtuellen Kraftwerken wird die Antwort auf die Herausforderungen einer kleinteiligen und dezentralen Energiewelt von morgen sein. Nur mittels Aggregation lassen sich die hohen technischen und regulatorischen Anforderungen eines sicheren Netzbetriebes und die Notwendigkeit von kostengünstigen und effektiven Marktzugängen für den einzelnen Akteur realisieren.“

Kurt Kretschmer
WindNODE-Projektleiter,
Energy2market GmbH

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Prosumerflexibilität schafft Optimierungspotenzial in der Energiebeschaffung**

Ziel von Fraunhofer FOKUS war es, energetische Flexibilitäten dezentraler elektrischer Anlagen für einen Datenaustausch so zu modellieren, dass sie den Spezifikationen dieser Anlagen gerecht werden und maximalen Freiraum bei der Nutzung von Flexibilitäten bieten. Die besondere Herausforderung bestand darin, eine möglichst einheitliche Modellierung von Flexibilitäten zu finden. Diese bieten den Vorteil, dass Flexibilitätsmodelle einzelner Anlagen addierbar sind. Bei einer Vermarktung von Flexibilitäten können diese Anlagen im Verbund – quasi als eine große (virtuelle) Anlage – zur Erbringung von Dienstleistungen, z. B. bei der Netzengpassbewirtschaftung, genutzt werden. Der gewählte Modellierungsansatz bietet gegenüber existierenden Ansätzen den großen Vorteil, dass der Einfluss bereits genutzter Flexibilitätspotenziale auf zukünftige berücksichtigt wird, z. B. wenn die Entladung einer Batterie deren Ladekapazität erhöht, ihre Entladekapazität jedoch senkt.

Die e2m beschäftigte sich mit der Identifikation von Flexibilität inner- und außerhalb des Projektumfeldes und mit deren technischer sowie marktseitiger Integration. Die gestellte Herausforderung war es, insbesondere bisher nicht marktkonform genutzte Flexibilität aus sogenannten „Prosumern“ für die Strommärkte zugänglich zu machen und somit die Sektorkopplung voranzubringen. Hierfür mussten neue Anbindungs- und Vermarktungslösungen entwickelt werden.

Auch der Fokus unserer bisherigen Optimierungsansätze musste überdacht werden, da das Ziel der Optimierung nicht zwingend in möglichst hohen Strommarkterlösen liegt, sondern bei vielen Prosumern in der Absenkung der gesamten Energiebezugskosten des zu optimierenden Standorts.

Weiterhin wurden Lösungen für die Anbindung von Kleinanlagen an virtuelle Kraftwerke in Form von Subaggregationen konzeptioniert und praktisch erprobt.

Nicht zuletzt war ein weiterer Schwerpunkt der e2m, mit den gewonnenen Erkenntnissen den regulatorischen Rahmen weiterzuentwickeln. Dazu wurde Know-how bei relevanten Stakeholdern platziert und wichtige regulatorische Standardisierungsvorhaben wie die Abwicklung von Redispatch aus dezentralen Anlagen und die Fernsteuerung in Kombination mit Smart Meter Gateways eng begleitet. Dabei geht es um die regulatorische Anerkennung von dezentralen Prosumern als integralem Bestandteil der neuen Energiewelt. Mit den technischen Möglichkeiten eines virtuellen Kraftwerks können diese Kleinanbieter vernetzt und vermarktet werden, sofern die technischen und regulatorischen Anforderungen keine unüberwindbaren Marktzugangshürden aufbauen.

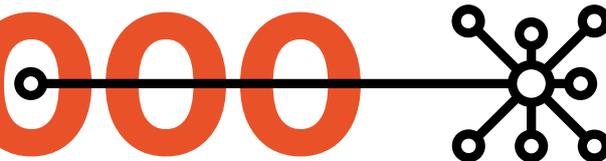
▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Neue Akteure kommen in den Markt**

Neben einer konzeptionellen Einordnung verschiedener Ansätze zum Informationsaustausch und zur Nutzung von Flexibilitäten wurden von Fraunhofer FOKUS gemeinsam mit Partnern des Industrieforums VHPready e. V. Anwendungsszenarien erarbeitet und die Anforderungen an eine IuK-technische Erweiterung des VHPready-Standards abgeleitet und in einem Lastenheft dokumentiert. Auf Basis des Lastenhefts wurde ein IuK-technischer Erweiterungsvorschlag zur Nutzung von Flexibilitäten dezentraler Anlagen erarbeitet und mit den Partnern des Industrieforums VHPready e. V. abgestimmt. Wesentliches Ergebnis sind ein auf „Flexibilitätskorridoren“ basierendes Datenmodell sowie ein Protokoll zum Datenaustausch, das für Demonstrationszwecke prototypisch implementiert wurde.

Die e2m hat im Rahmen des Projekts unterschiedlichste Flexibilitätpotenziale identifiziert und analysiert. Gemeinsam mit den Projektpartnern wurden ausgewählte Anlagen und Standorte technisch an das virtuelle Kraftwerk angebunden. So etwa das moderne Wohnquartier Prenzlauer Berg (siehe S. 180). Im Falle des BMW-Batteriespeichers in Leipzig (siehe S. 168) wurde bereits eine marktreife Anwendung umgesetzt, und der Speicher nimmt nunmehr über die e2m aktiv am Primärregelleistungsmarkt der deutschen Übertragungsnetzbetreiber teil. In Zusammenarbeit mit BMW wurde auch die Lüfertechnik des Leipziger Standortes als eine der ersten Subaggregationslösungen an die e2m und damit an die Strommärkte herangeführt. Diese Subaggregation ermöglicht es, viele Kleinsteinheiten zu einer virtuellen Anlage zusammenzufassen, und damit effizientere Anbindungsstandards und planbarere Vermarktungsansätze. Die gewonnenen Erfahrungen fließen in die Projektarbeit ein und kommen so weiteren Projektpartnern zugute.

Mehr als

5.000



dezentrale Anlagen wurden erfolgreich in das virtuelle Kraftwerk der e2m integriert. Von Biogas über Netzersatz- bis zur Power-to-Heat-Anlage sind dabei alle Technologiegruppen vertreten.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // **Marktchancen nur durch technische Skalierung und Abbau regulatorischer Hürden**

Ein adäquates Datenmodell für Flexibilitäten in Verbindung mit einem Kommunikationsprotokoll ist Voraussetzung für eine standardisierte, digital unterstützte Nutzung dezentraler Flexibilitäten. Um dieses Potenzial zu heben, bedarf es neben den technischen Voraussetzungen entsprechender Freiräume, Geschäftsmodelle und wirtschaftlicher Anreize.

Neben den Nachweisen über technische Machbarkeiten haben die Projektansätze der e2m vor allem auch die Einsicht über die Notwendigkeit von standardisierten Anbindungslösungen und vereinfachten Marktbedingungen verstärkt. Es hat sich gezeigt, dass ein wesentliches Hemmnis für die Integration kleinteiliger Flexibilitäten in den im Vergleich zum erwartbaren Ertrag noch immer recht hohen Anbindungskosten liegt. Über den Projektzeitraum gab es erheblichen Fortschritt im Bereich der Standardisierungen durch den Gesetzgeber. Gleichzeitig wurde durch den neu organisierten Redispatch 2.0 im NABEG ein hoheitlicher Ansatz gewählt, der liberale Marktansätze, wie einen lokalen Flexibilitätsmarkt, verzichtbar macht. Dies schränkt die Integration dezentraler Flexibilitätsanbieter in den Strommarkt ein, da hierdurch eine potenzielle Erlösquelle wegfällt.



TAP
4.1

HANDLUNGSFELD

Flexibilitäten aktivieren
Energiesystem digitalisieren



► Titel des Teilarbeitspakets

Orchestrierung von Flexibilitäten am Markt und als neue Dienstleistung

► Förderkennzeichen

03SIN514 / 03SIN517

► Partner des Projekts

▷ VERBUNDPARTNER

Energy2market GmbH

Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS

▷ ASSOZIIERTER PARTNER

VHPready Services GmbH

► Kontakt

Energy2market GmbH (e2m)
Kurt Kretschmer
kurt.kretschmer@e2m.energy

► Besuchbare Orte

Handelsraum und VKW-Leitwarte

Energy2market GmbH
Weißenfelser Straße 84
04229 Leipzig
Nach Anmeldung

▷ BESUCHERANFRAGEN AN

kundencenter@e2m.energy



Weitere Infos unter

www.e2m.energy



▲ Batteriespeicher vor der Lidl-Schaufensterfiliale in Berlin.

Mit innovativen Ideen Energie im Handel flexibel nutzen

Technische Anlagen smart verbinden, um auf die schwankende Erzeugung erneuerbaren Stroms zu reagieren: daran arbeitet GreenCycle – ein Unternehmen der Schwarz Gruppe – zusammen mit Lidl, Kaufland und der MEG. Durch Flexibilisierung der Anlagen wird der Stromverbrauch bei hohem Angebot erneuerbarer Energie verlagert und zwischengespeichert. Die Idee dahinter: verfügbaren Strom aus regenerativen Quellen nutzen und deren Abregelung reduzieren.



„WindNODE ist eine gute Möglichkeit, sich aktiv an der Energiewende zu beteiligen. Durch die Vielzahl an Filialen und Logistikzentren der Schwarz Gruppe können Flexibilitätspotenziale zukünftig schnell skaliert und zur Stabilisierung der Stromnetze genutzt werden.“

Thomas Tappertzhofen
Geschäftsführer,
GreenCycle Umweltmanagement GmbH

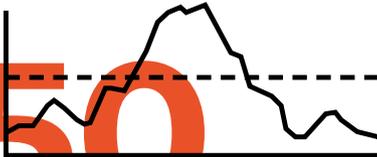
► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Flexibilitäten nutzen**

Durch die schwankende Erzeugung von Solar- und Windstrom sind Angebot und Nachfrage im Stromnetz schwerer zu decken. Wird mehr Strom erzeugt als nötig, kann der Einsatz der Verbraucher nicht flexibel angepasst werden, um das Überangebot zu nutzen. Deshalb müssen Netzbetreiber immer öfter Stromerzeuger abregeln, um Überlastungen im Netz zu vermeiden.

Wie kann die Schwarz Gruppe überschüssigen Strom aufnehmen? Welche Verschiebungspotenziale erschließen sich dadurch? Wie können flexible Lasten und deren steuerungstechnische Anforderungen einheitlich erfasst werden? Die Beantwortung dieser Fragen verfolgt das Ziel, Flexibilitäten im Einzelhandel zu entdecken und deren Potenziale durch innovative Konzepte zu heben.

In zwei Schaufensterfilialen bei Lidl und Kaufland in Berlin wird u. a. mit 3D-Modellen, Plakaten und Displays über WindNODE und die betreffenden Beiträge der Schwarz Gruppe informiert. Am Lidl-Schaufenster befindet sich zudem ein Energiespeicher, der die Flexibilität praktisch veranschaulicht. Damit wird die Energiewende für einkaufende Kunden greifbar.

Über **1.250**



Lastspitzen wurden 2019 mit dem Energiespeicher an der Lidl-Schaufensterfiliale in Berlin erfolgreich geglättet.

▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Lastverschiebung als effektives Mittel**

Die Bestandsanalyse zeigt: Kühlsysteme, Batterien und E-Ladestationen weisen die größten Flexibilitätspotenziale auf. Theoretisch könnten dabei die Kühlsysteme aller Filialen im WindNODE-Gebiet eine zuschaltbare Last von ca. 50 MW anbieten, indem Lebensmittel kurzfristig auf tiefere Temperaturen zur Speicherung von Kälte gekühlt werden.

Allerdings kann sich die Flexibilität verschiedener Verbraucher durch viele physikalische Eigenschaften unterscheiden, z. B. verschiebbare Kapazität und Leistung sowie praktische Zu- und Abschaltdauer. Um die individuellen Charakteristika der Verbraucher einheitlich erfassen zu können, wurde ein SINTEG-Ready-Standard als Dokumentationswerkzeug erarbeitet, der im Rahmen der Flexibilitätsvermarktung des Speichers an der Lidl-Schaufensterfiliale getestet wurde. Der Speicher glättete Lastspitzen, brachte 2019 Erlöse über 2.100 Euro auf kurzfristigen Strombörsen ein und war als eine der ersten technischen Anlagen auf der WindNODE-Flexibilitätsplattform aktiv.

Auf Grundlage des SINTEG-Ready-Standards wurden auch andere Anwendungen untersucht, wie z. B. Ladestationen für Flurförderzeuge in Logistikzentren, deren Beladung netzdienlich verschoben werden kann. Allerdings war noch keine Lösung auf dem Markt verfügbar, die die heterogene Ladeinfrastruktur einheitlich vernetzen und flexibilisieren konnte.



▲ Einblick in die Schaufensterfiliale von Kaufland in Berlin.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // **Skaleneffekte für die Energiewende**

Die Schwarz Gruppe blickt auf vier Jahre spannender Forschung zurück. Die Strommärkte sind in Bewegung, und Flexibilität wird ein immer wichtigerer Bestandteil zukünftiger Energiesysteme sein. Mit all den gesammelten Erkenntnissen ist die Schwarz Gruppe bestrebt, Flexibilität in der Breite ihrer Standorte zu etablieren. Ein wichtiger Schritt dabei ist die Entwicklung inklusiver Vernetzungslösungen, die Verbraucher unabhängig von ihren Eigenschaften, wie Hersteller und Modell, bündeln können.



TAP
4.2

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten identifizieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**
Steuerung und Vermarktung von Flexibilität in einer Unternehmensgruppe mit Einzelhandel und Produktion

► **Förderkennzeichen**
03SIN527

► **Partner des Projekts**

▷ **VERBUNDPARTNER**
GreenCycle
Umweltmanagement GmbH
(Lidl, Kaufland, MEG)

▷ **UNTERAUFTRAGNEHMER**
BLS Energieplan GmbH

EUREF-Consulting Gesellschaft von Architekten und Ingenieuren mbH

► **Kontakt**

GreenCycle
Umweltmanagement GmbH
Stiftsbergstraße 1
74172 Neckarsulm

Christina Over
christina.over@greencycle.de oder
energie@greencycle.de

► **Besuchbare Orte**

Lidl-Schaufensterfiliale und -Batteriespeicher
Hauptstraße 122
10827 Berlin

Kaufland-Schaufensterfiliale
Karl-Liebknecht-Straße 7-13
10178 Berlin



Weitere Infos unter
www.greencycle.de



▲ Kreativquartier Ullsteinhaus am Tempelhofer Hafen in Berlin.

Erfahrungen aus dem Smart-Meter-Reallabor: der lange Weg vom Keller zum Rechenzentrum

Die Digitalisierung von Stromnetzen hat als wesentliches Ziel, Energieflüsse besser zu erfassen und Netze stärker beobachtbar und steuerbar zu machen. Energiemengen werden am Zählpunkt des Kunden gewöhnlich über Stromzähler erfasst. Eine besondere Herausforderung bildet die Übertragung und Verarbeitung der gewonnenen Messdaten. Der gegenwärtige Stand der Technik für die Zähltechnik und die korrespondierende kommunikationstechnische Anbindung sind beim Kunden installierte intelligente Messsysteme (iMSys) – eine Kombination aus digitalem Zähler und Kommunikationseinheit, dem sogenannten Smart Meter Gateway (SMGW).



7.2000

Täglich zuverlässige Bereitstellung,
Plausibilisierung und Verarbeitung von rund
7.200 Messwerten aus den Feldtests

Das SMGW gewährleistet eine sichere Übertragung der Daten. Nur der SMGW-Administrator darf nach den Regeln des Bundesamtes in der Informationstechnik (BSI) das Gateway mittels Administrationssoftware konfigurieren. Marktpartner, z. B. Messstellenbetreiber oder Lieferanten, erhalten über das Gateway Messdaten und können diese in ihren Systemen verarbeiten. In diesem WindNODE-Arbeitspaket wird die End-to-End-Kommunikation vom Smart Meter bis ins Rechenzentrum eines Netzbetreibers unter Verwendung von Powerline-Kommunikationsinfrastruktur unter Berücksichtigung verschiedener Anwendungsszenarien erprobt.

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **95 Prozent Erreichbarkeit – auch ohne Mobilfunkabdeckung**

Der Roll-out intelligenter Messsysteme ist ein Baustein zur Digitalisierung der Energiewende. Die neue Zähltechnik schafft die technische Grundvoraussetzung zur sicheren, zeitnahen Erfassung von Entnahme und Einspeisung in den Stromnetzen. So werden mittels Smart Meter zukünftig Endkunden vernetzt und neue Produkte und Dienstleistungen ermöglicht. Stromnetz Berlin, Bosch.IO, devolo und Fraunhofer IEE zeigen, wie eine sichere, robuste und leistungsfähige Kommunikationstechnik und dazugehörige Software für die verschiedenen Anwendungsszenarien von iMSys aussehen. Als Ergänzung zur Kommunikationstechnik konnte ein harmonisches Zusammenspiel der im Einsatz befindlichen Hard- und Software für Smart Grid belegt werden.

Technisch bestehen iMSys aus einem Zähler und einem SMGW, das über eine Administrationssoftware (GWA) sicher konfiguriert wird. Das SMGW bildet das digitale Tor, das die Messdaten der Zähler gesichert an die berechtigten Marktteilnehmer sendet. Stromnetze gehören per Gesetz zu den „kritischen Infrastrukturen“, bei deren „Ausfall oder Beeinträchtigung dramatische Folgen eintreten würden“. Hier gelten verschärfte Anforderungen an die Cybersicherheit. Das BSI hat für die Gateways entsprechend hohe Standards definiert. Neben dem Übertragen von Messdaten können über die gesicherte SMGW-Anbindung als ein Anwendungsszenario auch lokale Anlagen wie Ladesäulen oder Straßenlaternen gesteuert oder weitere Mehrwertdienste für Kunden ermöglicht werden.

Grundvoraussetzung für die verschiedenen Anwendungsszenarien mit iMSys ist eine kommunikative Anbindung des Smart Meter Gateways. Das bedeutet, das SMGW muss Daten nach außen senden und empfangen können. Gesetzlich vorgeschrieben ist eine Erreichbarkeit von mindestens 95 Prozent aller iMSys. Zwar stehen heute Internet und etliche Mobilfunkfrequenzen zur Verfügung, jedoch ist eine vom Kunden unabhängige Kommunikationsinfrastruktur vorgesehen und Mobilfunk nicht in jedem Fall verfügbar: oft sind die iMSys im Keller bzw. an den Orten installiert, wo es keinen Empfang gibt. LTE würde selbst in Berlin, das praktisch 100 Prozent Mobilfunkabdeckung besitzt, nur in zwei von drei Kellern zuverlässig funktionieren.



„Um neue Technologien in einer bestehenden Welt mit hohen Qualitätsansprüchen zu integrieren, ist nicht nur der schlichte Austausch der Messtechnik notwendig. Vielmehr gilt es, die Synergien und neuen Möglichkeiten der Systeme zu identifizieren und aufzuzeigen, um Akzeptanz und reale Mehrwerte der neuen Technologien für unsere Kunden zu erzeugen.“

Clemens Czternasty
Senior-Experte intelligente Messsysteme,
Stromnetz Berlin GmbH



150

erfolgreiche Montage-
und Konfigurationsprozesse
mit intelligenten Messsystemen
durchgeführt



▲ Installation eines intelligenten Messsystems mit PLC-Kommunikation im Ullsteinquartier.

Zur Sicherstellung der gesetzlich geforderten 95 Prozent Erreichbarkeit der iMSys müssen auch die Messstellen ohne direkte Mobilfunkabdeckung erschlossen werden. Aus diesem Grund wird der Datentransport über die vorhandenen Stromleitungen mittels neuer Übertragungstechnologien wie Powerline zur Anbindung an die Softwaresysteme zur Administration (GWA) und Messdatenverarbeitung (MDM) erprobt.

Die neuen Kommunikationstechnologien müssen den höchsten Ansprüchen an Datensicherheit und Stabilität für den Schutz der Energieinfrastruktur und letztlich für die Akzeptanz der Kunden genügen. Dazu ist das zuverlässige Zusammenspiel der Hardware, also Zähler und SMGW, sowie der Software zur Administration und Verarbeitung der Messdaten unter Berücksichtigung der Kommunikationsstrecke notwendig, sodass der iMSys-Roll-out effizient und mit einer hohen Qualität bei der Datenübertragung erfolgen kann.



„Moderne Breitband-Powerlinetechnik schafft die Möglichkeit, auch schwierig erreichbare Liegenschaften durch Verwendung der bestehenden Strominstallation an das intelligente Stromnetz anzuschließen, ohne dabei Abstriche gegenüber den üblichen Mobilfunklösungen machen zu müssen.“

Dr. Christoph July
Coordinator Research Projects,
devolo AG

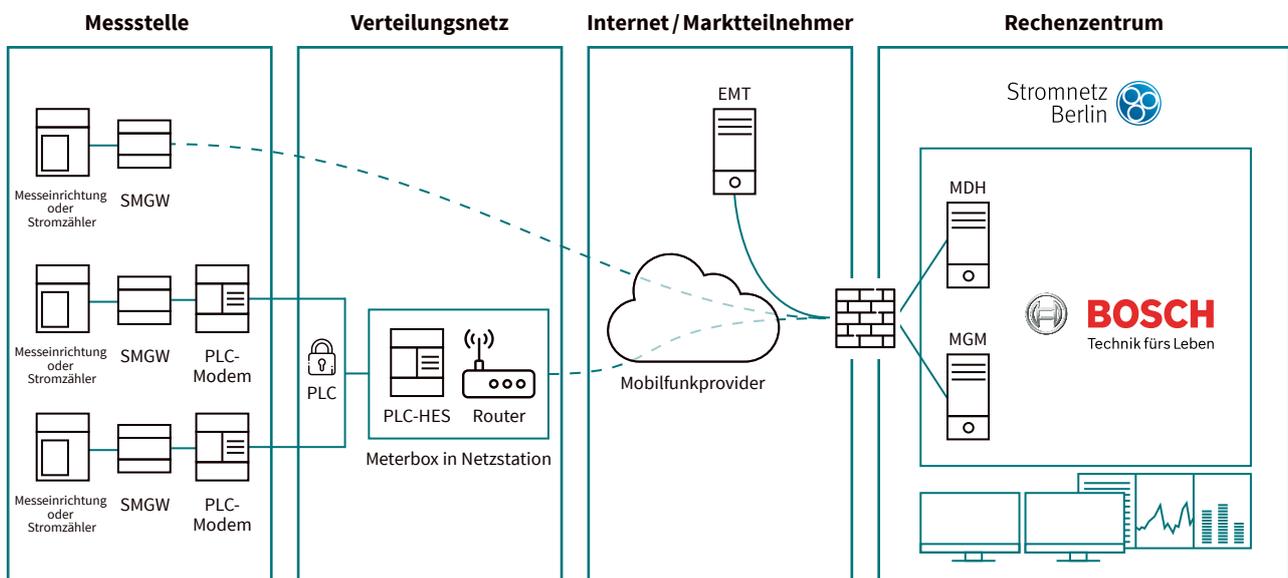
▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Modulare Anbindungskonzepte ermöglichen hohe Erreichbarkeit und vielfältige Anwendungen**

Durch die funktionalen Vorgaben des BSI und den Anspruch an herstellerübergreifende Interoperabilität der intelligenten Messsysteme wurden die Zähler- und SMGW-Technik bereits durch die Verbände standardisiert. Dabei müssen auch die heterogenen elektrischen Kundeninstallationen durch standardisierte Einbausituationen harmonisiert werden, um einen effizienten Roll-out mit hohen Einbauzahlen der iMSys zu ermöglichen. Hierzu wurde ein Standardhardwarebaukasten zur einfachen Umsetzung der iMSys-Installation, aber auch der Kommunikation zwischen iMSys und versorgenden Trafostationen bei der Stromnetz Berlin entwickelt.

Zur Erprobung der Montageprozesse, des Zusammenspiels zwischen Hardwarebaukasten und Softwaresystemlösung für iMSys als auch der Datenübertragung über die vorhandenen Stromleitungen unter Einsatz von Powerline-Kommunikation wurden bei realen Messstellen rund 75 iMSys installiert, zunächst mit SMGW-Prototypen. Im späteren Projektverlauf wurden bei allen Messstellen die Geräte gegen zertifizierte SMGWs gewechselt und in Summe 150 Montageprozesse durchlaufen.

Neben der Erprobung der Montageprozesse und des Hardwarebaukastens sind auch die Skalierbarkeit, Verfügbarkeit und Anpassbarkeit der Softwarelösung ein zentraler Bestandteil, um die verschiedenen Anwendungsszenarien umzusetzen. Hierzu wurden in den Softwarelösungen von der Bosch.IO die Messdatenbereitstellung an externe Systeme sowie die Mehrmedienfähigkeit vorangetrieben. Die Umsetzung einer Schnittstelle zum Abfragen von Zählerständen und Verbrauchswerten und zum Messdatenexport erlaubt externen Systemen wie dem der Fraun-

▼ Schemaübersicht der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) zur Anbindung der Mess- und Kommunikationseinrichtungen an die Softwarelösung und Marktteilnehmer.



HES: Head-End-System
PLC: Powerline-Communication
EMT: Externer Marktteilnehmer
MGM und MDH: Bosch-Softwarelösungen

hofer IEE den bedarfsorientierten Zugriff auf Messdaten aus dem dazugehörigen Datenmanagement als Basis für messdatengetriebene Mehrwertdienste, Energieprognosen oder Optimierungen von Anlagen. Durch gezielte Anpassungen der Softwarearchitektur ist die Weiterleitung von sekundlichen Messwerten (> 10 s) möglich und wurde im Labor validiert. Die Konfiguration von Controllable-Local-Systems-Profilen (CLS-Profilen) auf SMGWs ermöglicht steuernde und schaltende Anwendungen. Diese werden z. B. über den StromPager (siehe S. 114) auf Steuerboxen oder anderen CLS-Geräten ausgeführt.

Die durch das BSI vorgesehene sternförmige Bereitstellung der Messdaten macht die kommunikative Netzwerkanbindung weiterer Marktteilnehmer notwendig. Aufgrund der bereits bestehenden IPv4-Netzwerke entsteht ein sehr hoher Abstimmungsaufwand zwischen den Unternehmen. Zur Reduzierung dieser Aufwände wurden bereits die im IPv6-Standard vorhandenen Adressierungsautomatismen in einer IPv6-Testlandschaft erprobt und ein stabiler Betrieb mit iMSys hard- und softwareseitig validiert.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // **Das Potenzial von intelligenten Messsystemen weiter ausschöpfen**

Die Erprobung der neuen iMSys und eine entsprechende Softwaresystemlösung haben die neuen Möglichkeiten und Handlungsfelder aufgezeigt. Insbesondere der Feldtest mit SMGW-Prototypen hat die Notwendigkeit von Langzeittests verdeutlicht, um einen fundierten Blick auf einen stabilen Messstellenbetrieb und damit auch einen effizienten Roll-out zu gewährleisten.

Die Erfassung netzdienlicher Messungen in der Niederspannung hat neue Potenziale aufgezeigt und kann in der Endausbaustufe des Roll-outs sowohl einen detaillierteren Blick in die Niederspannungsnetze als auch die Steuerung von Flexibilität und Mehrwertdiensten ermöglichen.

Die hierfür notwendige vollumfängliche Unterstützung der IPv6-Kommunikation für Mess- und Mehrwertdienste auf Hard- und Softwareseite steht dabei in der Forderung und muss weiter im Rahmen von Kooperationen optimiert werden.



„Im Reallabor können wir praxisnah und gemeinsam mit den Partnern lernen und damit unsere Softwarelösungen für intelligente Messsysteme mit Fokus auf Kunden und Nutzer sowie die Anwendungsszenarien entwickeln.“

Philipp Mahr
Senior Project Manager,
Bosch.IO GmbH

▷ WAS HEMMT DIE ENERGIEWENDE?

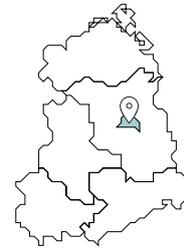
Um die Vereinheitlichung der intelligenten Messinfrastruktur voranzutreiben, sollten die regulatorischen Rahmenbedingungen und Vorgaben für Lastgangzähler für registrierende Leistungsmessung (RLM-Zähler) angepasst werden, um auch iMSys bei Kunden mit einem Jahresverbrauch > 100.000 kWh ausstatten zu können. Dies erhöht die Transparenz im Verteilnetz weiter und vereinheitlicht verschiedene Datenquellen und Lösungen.

Marktprozesse sind noch nicht abschließend geklärt, z. B. Vorrangschaltungen oder die Berücksichtigung der GWA-Rolle bei den Marktprozessen. Fehlende Marktformate bei der Anfrage nach CLS-Kanälen, fehlende Interoperabilität bei den Steuerboxen, unzureichende Kommunikationsinfrastruktur und deren Kosten in Deutschland hemmen massiv die Umsetzung von Mehrwertdiensten, z. B. durch zu geringe Datenraten aufgrund von schmalbandigem Mobilfunk wie GPRS oder die konkurrierenden Ziele bei der Netzvergabe für die Energieversorgung bei CDMA 450 MHz. Die fehlende Internationalisierung sowie die hohen Zertifizierungsaufwände intelligenter Messsysteme hemmen die Innovation und Investitionsbereitschaft vieler Unternehmen. Dies gilt auch beim Zusammenspiel zwischen iMSys mit Smart-Mobility- und Smart-Grid-Anwendungen.



TAP
4.3

HANDLUNGSFELD
Energiesystem digitalisieren



► Titel des Teilarbeitspakets

Anwendungsszenarien intelligenter Messsysteme (iMSys) bei SLP-Kunden

► Förderkennzeichen

Stromnetz Berlin: 03SIN530
Bosch.IO: 03SIN505
Devol: 03SIN510

► Partner des Projekts

▷ VERBUNDPARTNER

Bosch.IO GmbH
devolo AG

Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE

Stromnetz Berlin GmbH

► Kontakt

Stromnetz Berlin GmbH
Wilhelm-von-Siemens-Str. 2–10
12277 Berlin

Clemens Czernasty
T +49 30 492025965
clemens.czernasty@stromnetz-berlin.de

Bosch.IO GmbH
Ullsteinstraße 128
12109 Berlin

Philipp Mahr
T +49 30 726112337
philipp.mahr@bosch.io

devolo AG
Charlottenburger Allee 67
52068 Aachen

Dr. Christoph July
T +49 241 18279163
christoph.july@devolo.de



Weitere Infos unter

www.stromnetz-berlin.de
www.bosch.io
www.devolo.de



▲ Wind- und Solaranlage in Feldheim.

Muster erkennen statt Wetterprognose

Wer kennt es nicht: Man fährt an einem windigen Tag an Windparks vorbei. Einige Anlagen rotieren, andere stehen still. Aber warum? Wenn es stürmisch ist, produzieren Windanlagen extrem viel grünen Strom – bis Windräder abgeschaltet werden, um das Stromnetz nicht zu überlasten. Bisher blieb dieser Grünstrom ungenutzt. Flexible industrielle Prozesse und Speicher können das ändern. Allerdings muss ihr Einsatz sorgfältig geplant werden. Das geht nur mit Vorhersagen der Grünstrom-Erzeugung – und zwar punktgenau für jede Erzeugungsanlage. In WindNODE entwickelt das Berliner Start-up Solandeo künstliche Intelligenz (KI), um dieses Problem zu lösen und so die Energiewende voranzubringen – erst in Deutschland, dann weltweit.



„In Zukunft wird künstliche Intelligenz eine immer größere Rolle für das Gelingen der Energiewende spielen. WindNODE gibt uns eine einmalige Chance, die erforderlichen Lösungen in Zusammenarbeit mit den wesentlichen Akteuren der Energiebranche zu entwickeln – für eine erfolgreiche Energiewende in Deutschland und weltweit.“

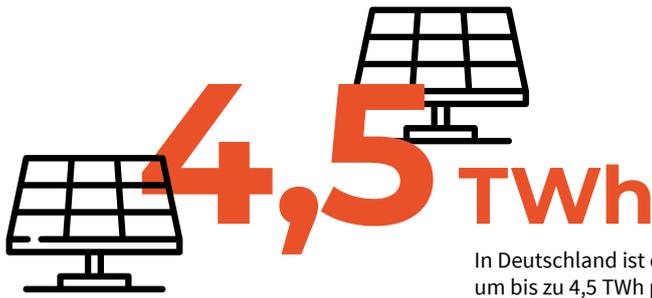
Friedrich Rojahn
CEO,
Solandeo GmbH

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // Und nun die Stromvorhersage für morgen

Die Produktion erneuerbarer Energie schwankt mit dem Wetter. Und das kann sich ruckartig ändern. Zudem ist die Wetterlage ein sehr lokales Phänomen: Noch fährt man durch dichten Nebel – 50 Meter weiter strahlt die Sonne.

Das hat Konsequenzen für die Energiewende: Je mehr Grünstrom aus dezentralen Solaranlagen und Windparks kommt, desto mehr schwankt die Stromerzeugung von Ort zu Ort. Damit wird es immer schwieriger und teurer, die Stromnetze stabil zu halten. Ebenso wird es komplizierter, am Strommarkt Angebot und Nachfrage kostengünstig miteinander zu vereinbaren. Wenn Strom fehlt, muss dieser teuer zugekauft werden. Gibt es überschüssigen Grünstrom, müssen Anlagen abgeschaltet werden. Ergo: Wir nutzen nicht das verfügbare Angebot an Grünstrom aus.

Flexible Verbraucher und Speicher können das Problem lösen. Die optimale Einsatzzeit muss aber geplant werden können. Damit benötigt die Energiewende ortsgenaue, präzise und günstige Prognosen darüber, wie viel Grünstrom an einzelnen Standorten erzeugt wird. Bisherige Prognoseverfahren – und die anschließende Umwandlung in Erzeugungsprognosen – werden von teuren Superrechnern erstellt. Das kostet Zeit und Geld. Und örtliche Wettermodelle



In Deutschland ist die Reduzierung von Prognosefehlern um bis zu 4,5 TWh p. a. möglich – das entspricht 11 Prozent der deutschen Photovoltaikerzeugung in 2018.

sind zu grob aufgelöst. Deswegen sagen Wetterprognosen das Wetter für eine Stadt voraus, aber nicht für einen einzelnen Stadtteil oder sogar Straßenzug. Für die Erzeugung von Wind- und Solarstrom kann dies aber einen großen Unterschied bedeuten.

Bei WindNODE erforscht Solandeo Prognoseverfahren mit Echtzeitdaten aus digitalen Stromzählern (Smart Meter) und von selbstlernenden Algorithmen (künstliche Intelligenz), um den Anforderungen der Energiewende gerecht zu werden – damit immer mehr grüner Strom kostengünstig und zuverlässig in unser Energiesystem integriert werden kann.

► PROJEKTERGEBNISSE // **Niedrigere Kosten für die Energiewende**

In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern konnte Solandeo zeigen, dass KI entscheidend dazu beiträgt, die Energiewende erfolgreich zu managen. Die Genauigkeit bestehender Erzeugungsprognosen aus Wettermodellen konnte deutlich verbessert werden – besonders im kurzfristigen Bereich (bis zu drei Stunden im Voraus). Bestehende Verfahren stoßen hier an ihre Grenzen, weil es mehrere Stunden dauert, bis eine neue Prognose berechnet wird. Ändert sich das Wetter kurzfristig, kann eine Prognose nicht rechtzeitig bereitgestellt werden.

Solandeos Prognosen können fortlaufend und in Echtzeit aktualisiert werden, denn die dahinterliegende KI verarbeitet aktuelle Informationen blitzschnell. Die Prognosen basieren auf Echtzeitdaten, die an einzelnen Anlagen (wie Smart Meter), aber auch in den Anlagen selbst erhoben werden (wie Turbinendaten und Daten aus Photovoltaikwechselrichtern). Jeder einzelnen Anlage wird dabei eine KI zur Seite gestellt, die sich auf die Vorhersage der Produktion dieser Anlage spezialisiert – und kontinuierlich dazulernt.

Verbindet man die von Solandeo entwickelten Verfahren mit bestehenden, Wettermodell-basierten Prognosen, so kann die Vorhersagegenauigkeit deutlich gesteigert werden. Damit wird der Grünstromhandel effizienter, und die Kosten der Energiewende sinken.

► FAZIT UND AUSBLICK // **Künstliche Netzintelligenz für Redispatch 2.0**

Solandeo hat zudem mit weiteren Partnern den Einsatz der innovativen Prognoseverfahren zur effizienten Betriebsführung von Energienetzen erforscht: Gemeinsam mit dem Übertragungsnetzbetreiber 50Hertz und mit Energiequelle, einem führenden Projektierer und Betreiber von Erneuerbare-Energien-Anlagen, wurde dabei von der ganzen Regelzone bis hin zum energieautarken Dorf Feldheim in Brandenburg ein großes Spektrum an Anwendungsfällen untersucht. Diese dienen der effizienten Vorhersage von Lastflüssen, insbesondere für das Redispatch 2.0.

Hierbei wurde berücksichtigt, wie bei einem massenhaften Einsatz hochauflösender Echtzeitdaten der Datenschutz gewährleistet und wie den besonders hohen IT-Sicherheitsanforderungen der Stromnetzbetreiber Rechnung getragen werden kann. Damit leistet Solandeo in WindNODE einen wesentlichen Beitrag zur effizienten, vorausschauenden Engpassbewirtschaftung im Smart Grid.



TAP
4.4

HANDLUNGSFELD
Energiesystem digitalisieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**

Erzeugungsprognosen für Solar- und Windanlagen mittels Smart-Meter-Echtzeitdaten

► **Förderkennzeichen**

03SIN551

► **Partner des Projekts**

► **VERBUNDPARTNER**
Solandeo GmbH

► **Kontakt**

Friedrich Rojahn
rojahn@solandeo.com



Weitere Infos unter

www.solandeo.com
www.erneuerbare-energie-prognosen.de



▲ Mit einem 25-köpfigen Team in Aachen gestartet, ist devolo heute mit rund 300 Mitarbeitern international vertreten.

Das intelligente Zuhause trifft Smart Grid

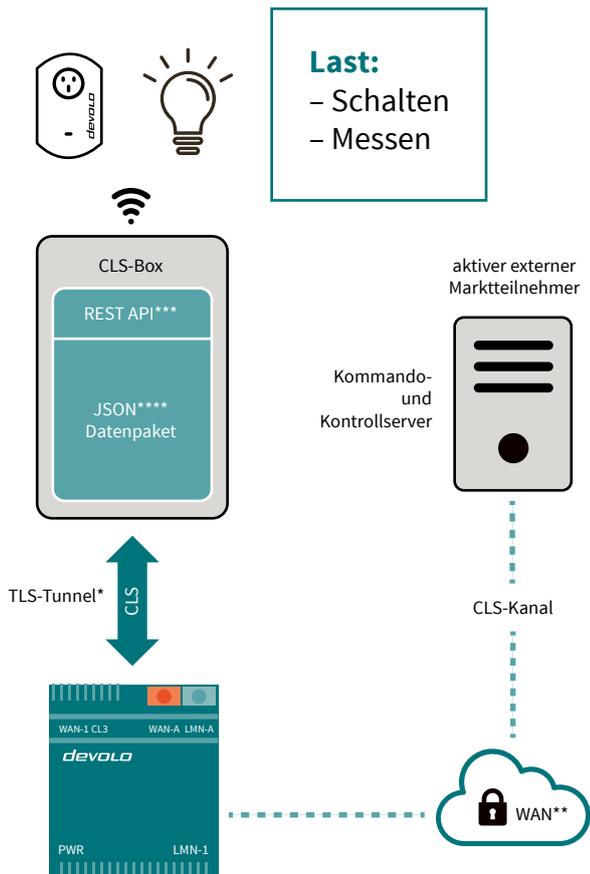
Bisher profitiert der Endverbraucher nicht von einer Symbiose des intelligenten Stromnetzes und des intelligenten Zuhauses. Mehrwertdienste wie z. B. historische Verbrauchswerte und Statistiken lassen sich bisher nur im Ausnahmefall komfortabel abrufen. Bosch.IO und devolo arbeiten daher an Lösungen, die eine barrierefreie Integration von Smart-Home-Lösungen, Wärmepumpen und PV-Wechselrichtern in das bestehende Smart-Grid-Konzept erlauben. Dabei entwickelten die WindNODE-Partner einen ersten Lösungsansatz, der es ermöglicht, einen regulatorisch vorgesehenen Durchgriff der Energieversorgungsunternehmen auf die Hausautomatisierung zu schaffen. Somit können private Flexibilitäten, wie steuerbare Lasten und Energiespeicher, interessierten Marktakteuren angeboten werden.



„Der Schulterschluss zwischen Smart-Home- und Smart-Grid-Technologie füllt die Lücke des Kundenmehrwerts aktuell verwendeter Hardware für das intelligente Stromnetz. Neben dem Abruf der aktuellen Verbrauchsdaten können so Flexibilitäten des Smart Homes über das SMGW durch die hergestellte Verbindung in einfacher Weise eingebunden werden.“

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // Regulation kontra Evolution

Die eng gefassten regulatorischen Grenzen für eine Kommunikation über ein deutsches Smart Meter Gateway (SMGW) erfordern eine Erweiterung der im Internet-of-Things-Umfeld (IoT-Umfeld) etablierten Lösungen. Aktuell ist ein Durchgriff über das SMGW in das Heimnetz eines Letztverbrauchers nur über die sogenannte Controllable-Local-Systems-Schnittstelle (CLS-Schnittstelle) möglich. Die momentane Evolutionsstufe des deutschen Smart Grids erlaubt im Wesentlichen nur zwei regulatorisch zulässige Wege, mit Kundenhardware zu kommunizieren. Einerseits die Protokollwandlung bzw. Kapselung Smart-Grid-fremder Protokolle mittels virtueller oder realer Steuerbox. Andererseits ein nativ unterstütztes Protokoll wie beispielsweise http als Kommunikationsträger. Beide Ansätze wurden rigoros verfolgt und in den besuchbaren Orten sowie Labordemonstrationen getestet. Bei Verwendung der existierenden Smart-Grid-Technik stellte sich die Kommunikation über den CLS-Kanal des SMGW für die involvierten Partner als die barrierefreieste dar.



10-20%

Sekundengenau Verbrauchserfassung:
Erwartete 10 – 20 Prozent Steigerung großer, schaltbarer Flexibilitäten in privaten Haushalten (Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen)

◀ Durchgriff auf Smart-Home-Einrichtungen im regulatorischen Rahmen mittels SMGW und CLS-Tunnel: Kleinflexibilitäten und Lastmanagement mittels Kontrollserver eines aktiven externen Marktteilnehmers.

* Transport-Layer-Security-Tunnel.
** Wide Area Network.
*** Representational State Transfer Application Programming Interface.
**** JavaScript Object Notation.



TAP
4.5

HANDLUNGSFELD
Energiesystem digitalisieren

▷ PROJEKTERGEBNISSE // Submetering und Flexibilitätsmanagement

Der Brückenschlag zwischen Smart Grid und Smart Home gelang in der ersten Etappe direkt über das durch das BSI für das Smart Meter Gateway definierte „Hochsichere Kommunikationsszenario 4“ (HKS4): in diesem wird durch einen externen Marktteilnehmer (EMT) ein gesicherter Kanal vom EMT über das SMGW zu einem Gerät im CLS-Netz initiiert. Die praktische Umsetzung sieht für den Kunden so aus, dass ein netzwerkfähiges Gerät direkt über die CLS-Netzwerkbuchse des SMGW angebunden wird. Die notwendige Gateway-Administrator- und Energiemanagerlösung als externer Marktteilnehmer wurde durch Bosch.IO umgesetzt. Zur Steuerung der Kundenhardware wurde von devolo eine Managementschnittstelle auf der Smart Home Control Box implementiert. Im Test ließen sich erfolgreich mehrere Lasten steuern und deren Verbräuche individuell und sekundengenau vermessen.

Eine interessante Herausforderung war dabei die anforderungsgetreue Umsetzung des HKS4-Falles, da dieser im Feld aktuell noch wenig erprobt war. Nach erfolgreicher Kommissionierung gelang dies allerdings zuverlässig und reibungsfrei.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // Mehrwerte für das Energienetz

Ein weiterer potenzieller Mehrwert für die Kunden wäre eine dedizierte IoT-spezifische Schnittstelle. In der aktuellen Ausprägung des SMGW ist dieser Lösungsansatz allerdings aufgrund der jetzigen Rahmenbedingungen nicht umsetzbar. Mit Blick auf die Zukunft wäre eine Lösung wünschenswert, die es erlaubt, problemlos Smart-Home-Hardware, Wallboxes, Wärmepumpen, PV-Anlagen oder andere Kundenhardware direkt und konfigurationsfrei mit dem SMGW ohne weitere Hardware zu verbinden. Hier böte die direkte Unterstützung bereits etablierter IoT-Protokolle auf dem SMGW fertige und verfügbare Lösungen. Der Kunde könnte sich dann nicht nur zentral wie in der Transparenz- und Displaysoftware (TRuDI) vorgesehen über seine Verbrauchswerte informieren, sondern hätte über eine Benutzerschnittstelle Zählerwerte und Zustand der eigenen Hardware im Blick.



► **Titel des Teilarbeitspakets**
Steuerbare Lasten in Haushalten und Smart-Home-Anbindung

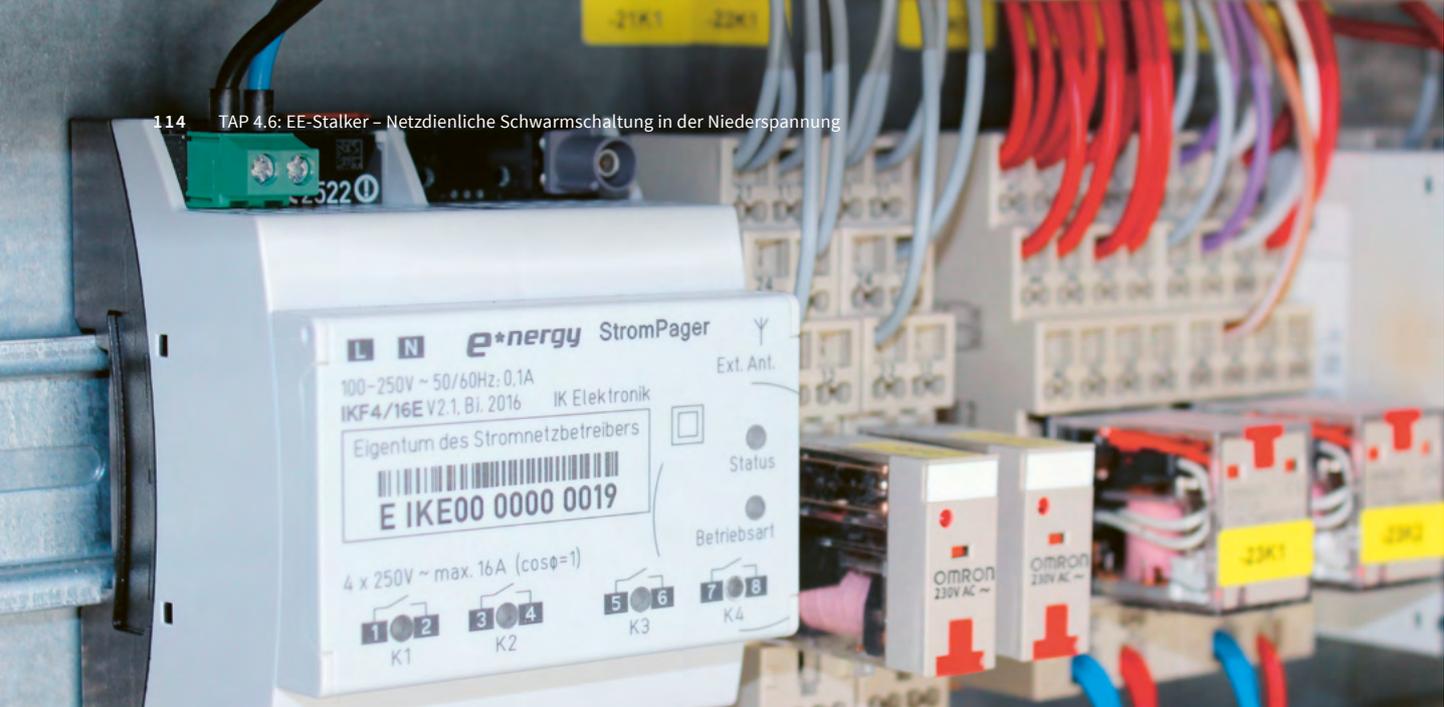
► **Förderkennzeichen**
03SIN510

► **Partner des Projekts**

▷ **VERBUNDPARTNER**
Bosch Software
Innovations GmbH
devolo AG

► **Kontakt**
Dr. Christoph July
T +49 241 18279163
christoph.july@devolo.de

◉ **Weitere Infos unter**
www.devolo.de



Flexibilität in der Niederspannung sicher ansteuern

Netzengpässe sind heute überwiegend durch die sich verändernde Erzeugungsstruktur bedingt. Auf Ebene der Niederspannung gewinnen zusätzlich Verbraucher an Relevanz – z. B. Elektromobilität, Wärmepumpen und Speicherheizungen. Im Rahmen von WindNODE wurde eine Steuerungstechnologie für die Niederspannung weiterentwickelt und im Reallabor getestet – der „StromPager DX“.



„Die Energiewende findet im Großen wie im Kleinen statt. Akzeptanz wird einhergehen mit Mehrwerten für unsere Kundinnen und Kunden in Berlin. Der StromPager DX ist die konsequente Weiterentwicklung unserer Steuerung für Anlagen in der Niederspannung, er bietet eine solide technische Basis für neue Produkte und Dienstleistungen.“

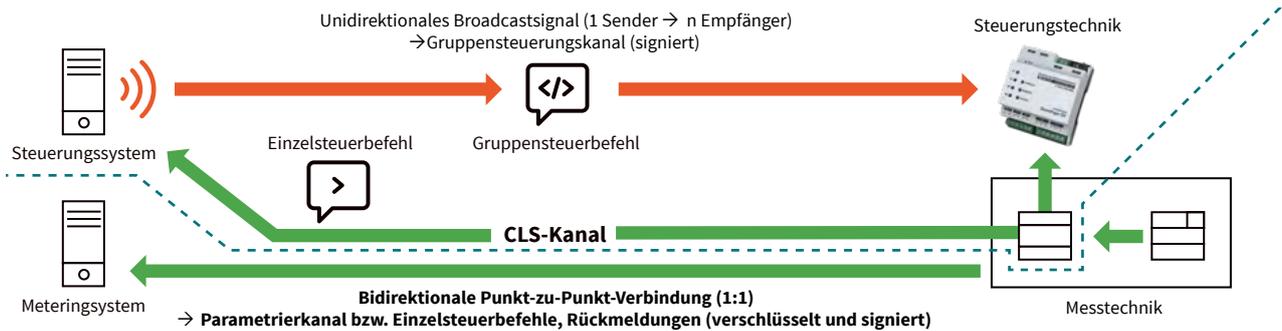
Dr. Sandra Maeding
Senior Expert Energiewirtschaft,
Stromnetz Berlin GmbH

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Besondere Herausforderungen für Flexibilität vor Ort**

Viele flexible Anwendungen befinden sich in der Niederspannung. Für eine Vielzahl an kleinteiligen Flexibilitätspotenzialen sind massentaugliche, sehr gut skalierbare Technologien erforderlich. In diesem Bereich des Stromnetzes gibt es keinerlei private Datennetze der Netzbetreiber. So ist mit den unterschiedlichen Einbausituationen vor Ort die Erschließung der Anlagen über nur eine Kommunikationstechnik kaum möglich. Bei breitbandigen Technologien zur Übertragung der Daten müssen Abstriche bei der Erreichbarkeit der Einzelanlagen gemacht werden, da diese Technologien oft keine idealen Eigenschaften zur Gebäudedurchdringung besitzen. Mobilfunkstandards wie 4G können nicht in jeden Keller vordringen. Aus netztechnischer Sicht kommt hinzu, dass Anlagengruppen abgerufen werden. Jede Anlage für sich führt bei Schaltungen zu keinen technischen Problemen. Jedoch kann eine ganze Gruppe an einem Netzstrang, die sich synchron verhält, zu Überlastungen des Netzes führen. Deshalb ist für die Niederspannung die Betrachtung von Anlagengruppen zwingend notwendig.

► PROJEKTERGEBNISSE // **Vorteile vereinen mit dem Pager DX**

Seit 2014 wird in Berlin Schaltung in der Niederspannung mittels StromPager realisiert. Physikalisch handelt es sich dabei um eine unidirektionale Schmalbandtechnik, die über eine sehr geringe Bandbreite verfügt. Allerdings wäre für Einzelbefehle (anders als bei Gruppenschaltungen) eine breitbandige Punkt-zu-Punkt-Verbindung effizienter. Das Smart Meter Gateway kann eine solche Verbindung über eine gesicherte Infrastruktur bereitstellen. Wenn der StromPager über diesen Kanal angeschlossen werden kann, wären die Vorteile beider Technologien nutzbar.



▲ Steuerungssystem in vereinfachter Ansicht.

Neben der Realisierung einer höheren technischen Effizienz wurde die Steuerung für andere berechnete Marktpartner ermöglicht. Im Zuge von WindNODE wurde das Backendsystem der Pagerfunkrundsteuerung (PFR) von Bosch.IO dahingehend verändert, dass externe Marktteilnehmer gesichert auf die freigegebenen Steuereinheiten zugreifen können. Diese können sie nach eigenen Kriterien organisieren. Die Parametrierung erfolgt nach Freigabe durch den Netzbetreiber, sodass gewährleistet ist, dass keine netzkritischen Konzentrationen von gruppierten Anlagen im System vorliegen.

Auf diese Weise ist eine erste Stufe der Koordinierungsfunktion auf Betriebsebene entstanden. Diese ermöglicht jedem berechtigten Marktpartner die Aussendung von Steuerungsbefehlen, ohne dabei selbst ein zertifiziertes Leitsystem als aktiver externer Marktteilnehmer (EMT) gemäß BSI TR-03109 zu betreiben. Auf diese Weise teilen sich die Marktpartner ein Feldgerät. Diese Hybridlösung aus intelligentem Messsystem und gesichertem Broadcast erfüllt somit auch die Türfunktion für Mehrwertdienste über die zukünftige Smart-Meter-Gateway-Infrastruktur.

Im Reallabor WindNODE werden die StromPager DX gemeinsam mit unterschiedlichen Konsortialpartnern getestet. So sollen die neuen Geräte in verschiedenen Quartieren zum Einsatz kommen und die entsprechenden Anwendungsfälle der Partner umsetzen. Ein Anwendungsbeispiel ist die Vorgabe einer Schaltrichtung per Relais, nach der sich das Energiemanagement vor Ort richten kann. Auf diese Weise wäre es möglich, Anlagen nach einem übergeordneten Ereignis aus höheren Spannungsebenen wie der Prognoseabweichung von erneuerbaren Energien auf der ÜNB-Ebene auszurichten.



TAP 4.6

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten aktivieren
Energiesystem digitalisieren

1,9 Mio.

Anlagen werden bereits heute in der Niederspannung durch Bestandstechnik gesteuert.

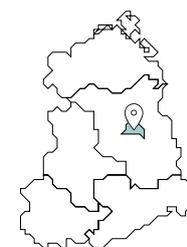
▷ FAZIT UND AUSBLICK // Ein technologischer Beitrag für Netzsicherheit und Partizipation

Flexible Verbraucher wie die Ladeinfrastruktur für Elektromobilität sollen schnell in die Stromnetze integriert werden. Hierfür soll die bestehende Netzkapazität optimal ausgenutzt sowie der notwendige Netzausbau optimiert werden. Um die Sicherheit der Stromversorgung zu gewährleisten, muss die Steuerung zuverlässig funktionieren. Technologisch können die StromPager einen Beitrag leisten, um Flexibilität in der Niederspannung sicher und effizient nutzbar zu machen.



„Steuerungen werden im weiteren Verlauf der Energiewende immer wichtiger, um das Gesamtsystem in Balance zu halten. Damit dies widerspruchsfrei und mit dem Netz abgestimmt geschieht, muss jede Steuerung koordiniert werden. Nur so können die Wirkungen von Unplanbarkeiten durch planbare Maßnahmen reduziert werden.“

Oliver Schaloske
Asset Strategie und Innovationen,
Stromnetz Berlin GmbH



► Titel des Teilarbeitspakets

EE Stalker – Netzdienliche Schwarmschaltung in der Niederspannung

► Förderkennzeichen

03SIN530

► Partner des Projekts

▷ VERBUNDPARTNER

Bosch.IO GmbH
Stromnetz Berlin GmbH

► Kontakt

Stromnetz Berlin GmbH
Oliver Schaloske
oliver.schaloske@stromnetz-berlin.de



Beteiligte Partner





116–127



Marktdesign und Regulierung

Wie kann die Effizienz des intelligenten Energiesystems gemessen werden? Welche Marktmechanismen greifen bei seiner Ausgestaltung, und wie kann der regulatorische Rahmen dafür aussehen?

WindNODE nimmt in diesem Arbeitspaket eine übergeordnete, volkswirtschaftliche Perspektive ein. Anhand systematischer Untersuchungen und auf Grundlage von wissenschaftlich fundierten Annahmen werden rechtliche und regulatorische Fragen bearbeitet und Entwicklungswege für das Gesamtsystem aufgezeigt.



Das Arbeitspaket 5 wird von Prof. Dr. Thomas Bruckner und Dr. Hendrik Kondziella (Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement der Universität Leipzig) sowie Hannes Doderer (Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e. V.) ehrenamtlich koordiniert.



▲ ZUKUNFTSRAUMENERGIE in Berlin bei der Siemens AG.

Die Energiewende ganzheitlich denken

Siemens und das Fachgebiet Energiesysteme der TU Berlin zeigen, wie energiewirtschaftliche Handlungsoptionen differenziert bewertet werden können. Dazu werden Energiesystemmodelle und Lebenszyklusanalysen (LCA) verknüpft. Die Ergebnisse werden in Bezug auf Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit, Umwelt- und Sozialverträglichkeit analysiert und im Siemens **ZUKUNFTSRAUMENERGIE** dargestellt.



„Wissenschaftliche Modelle und Ergebnisse greifbar zu machen, mit dem digitalen Abbild Transparenz in die Energiewende zu bringen und interaktiv zu kommunizieren – das ist uns im WindNODE-Projekt gelungen. Aus dem **ZUKUNFTSRAUMENERGIE** gehen Besucherinnen und Besucher mit einem ganzheitlichen Verständnis und Handlungsoptionen nach Hause.“

Dr. Katrin Müller
Principal Key Expert Sustainability Engineering,
Siemens AG

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // Das energiepolitische Zieldreieck als Basis ausgewogener Entscheidungen

Wie können energiewirtschaftliche Handlungsoptionen umfassend bewertet werden, um bestmögliche unternehmerische und politische Entscheidungen zu treffen? Dieser Frage widmen sich Siemens und die TU Berlin. Oft wird bei einer Energiesystembewertung nur die Minimierung der Kosten als Ziel betrachtet und maximal ein CO₂-Budget vorgegeben. Für die Akzeptanz und den Erfolg der Energiewende sind neben der Wirtschaftlichkeit die Ziele Versorgungssicherheit, Umwelt- und Sozialverträglichkeit zu berücksichtigen. Auch WindNODE braucht mit Blick auf die prototypische Realisierung von neuen Geschäftsmodellen und Technologien für die Umsetzung der Energiewende im Nordosten eine derartige ganzheitliche Analyse.

► PROJEKTERGEBNISSE // Transformationspfade bringen neue Herausforderungen

Für die multikriterielle Bewertung werden von Siemens zwei Modelle miteinander verknüpft: ein Energiesystemmodell, das die Sektoren Strom, Wärme und Verkehr abdeckt, und ein LCA-Modell für die Umweltbewertung des Energiesystems. Die Ergebnisse werden mithilfe von Kennzahlen analysiert, die von der TU Berlin entwickelt wurden. Die volkswirtschaftlichen Gesamtkosten des zukünftigen Energiesystems sind für alle untersuchten Szenarien auf einem gleichen Niveau. Bei der Analyse der ökologischen Effekte wird der Übergang von einem brennstoffbasierten zu einem materialintensiven Energiesystem deutlich.



▲ Präsentation der Energiesystembewertung im **ZUKUNFTSRAUMENERGIE** der Siemens AG mit Energieflussdiagramm des modellierten deutschen Energiesystems für das Jahr 2030.

Dieser spiegelt sich auch in den seit Jahren zurückgehenden Luftschadstoffen und bei der Bewertung der Ressourcensicherheit wider.

Die Ergebnisse der Analysen werden WindNODE-Partnern, politischen Entscheidungsträgern und der interessierten Öffentlichkeit im **ZUKUNFTSRAUMENERGIE** der Siemens AG präsentiert. Die Besucherinnen und Besucher können das Energiesystem Deutschlands von der Vergangenheit bis in die Zukunft interaktiv erkunden. Durch die grafische Veranschaulichung werden (un-)erwartete Zusammenhänge erkannt und gemeinsam diskutiert. Noch detaillierter werden die Analysen in der Studie „Multikriterielle Bewertung energiewirtschaftlicher Handlungsoptionen“ der TU Berlin vorgestellt.

Ein ganzheitlicher Bewertungsansatz wurde auch in einer zweiten Studie angewendet. Dort stehen die drei energiesystemischen Herausforderungen Flexibilitäten identifizieren und aktivieren, Netzengpassbewirtschaftung und Netzplanung im Mittelpunkt. Die Untersuchungen zeigen, dass durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik in allen drei Bereichen die zugrunde liegenden Prozesse effizienter abgewickelt bzw. neue Potenziale gehoben werden können. Dadurch kann es für die konkreten Problemstellungen gelingen, einzelne Dimensionen des energiepolitischen Zieldreiecks zu verbessern, ohne dass andere Bereiche schlechter gestellt werden.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // Ein Leitfaden für die multikriterielle Bewertung von Handlungsoptionen

Für dieses WindNODE-Teilprojekt wurde mit der Verknüpfung von Energiesystemmodellen und LCA ein anspruchsvoller methodischer Ansatz gewählt, um die Auswirkungen möglicher Energiewendeszenarien umfassend zu bewerten. Neben der Verfeinerung der Methodik muss eine gemeinschaftliche Aktualisierung von energiesystemrelevanten LCA-Datensätzen eine hohe Priorität haben. Nur so können die Modellergebnisse die technische Entwicklung berücksichtigen. Dabei ist es wichtig, dass Daten und Annahmen offengelegt werden. Hier wird die in WindNODE entwickelte DIN SPEC 91432 „Multikriterielle Bewertung von Energiesystemen“ einen wichtigen Leitfaden für künftige Projekte auf nationaler, regionaler oder lokaler Ebene bieten.

Ökologische Effekte des deutschen Energiesystems*:

	1990		2030
Gebundenes Material des Energiesystems Kupferäquivalente nach ReCiPe Midpoint (E) pro Einwohner	114 kg	↗	205 kg
Jährliche Treibhausgasemissionen in CO ₂ -Äquivalenten pro Einwohner inklusive Vorketten (Scope 3)	12,8 t	↘	6,4 t

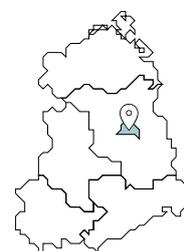
* Basierend auf ecoinvent 3.4.



TAP 5.1

HANDLUNGSFELD

- Flexibilitäten identifizieren
- Flexibilitäten aktivieren
- Energiesystem digitalisieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**

Bewertung der Gesamtsystemeffizienz

► **Förderkennzeichen**

03SIN529, 03SIN537

► **Partner des Projekts**

▷ **VERBUNDPARTNER**

Siemens AG, Corporate Technology
Technische Universität Berlin, Fachgebiet Energiesysteme

▷ **UNTERAUFTRAGNEHMER**

Vereinigung Deutscher Wissenschaftler, Initiative „Meine Energie für meine Stadt“

► **Kontakt**

Jörn Hartung
T +49 30 585923342
joern.hartung@siemens.com

► **Besuchbare Orte**

ZUKUNFTSRAUMENERGIE
Rohrdamm 85
13629 Berlin
Nach Anmeldung
<https://new.siemens.com/de/de/unternehmen/themenfelder/nachhaltige-energie/zukunftsraumenergie.html>

▷ **BESUCHERANFRAGEN AN**

windnode.em.de@siemens.com



Weitere Infos unter

www.siemens.com/dekarbonisierung

Ein modernes Energierecht als Herausforderung und Chance

Die Energiewende stellt das Energiesystem vom Kopf auf die Füße. Der Rechtsrahmen folgt dieser Entwicklung bislang nur schleppend, und Flexibilität sowie die Sektorkopplung bleiben auf der Strecke. Mutige revolutionäre Ansätze, wie eine wirkkräftige CO₂-Bepreisung oder die Reform der Netzentgeltsystematik, bieten Chancen für ein modernes Energierecht.



„Die Energiewende ist eingebettet in die Klimaschutzpolitik und eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Neben unendlich vielen kleinen Stellschrauben, die das Energierecht potenziell für Änderungen bietet, gilt es, auch das große Ganze im Blick zu haben.“

Hannes Doderer
Projektleiter, Teamleiter Energierecht,
IKEM e. V.



„Das Energierecht der Zukunft sollte nicht nur materiell erneuerbare Energie, Flexibilität und Sektorkopplung in den Vordergrund stellen, sondern dabei einen zugänglichen und partizipativen Rechtsrahmen bilden. Auch regulativ muss die Energiewende wieder zu einem Bürgerprojekt werden, das gesellschaftliche Akteure verstehen und mitgestalten können.“

Jonathan Metz
Wissenschaftlicher Referent,
IKEM e. V.

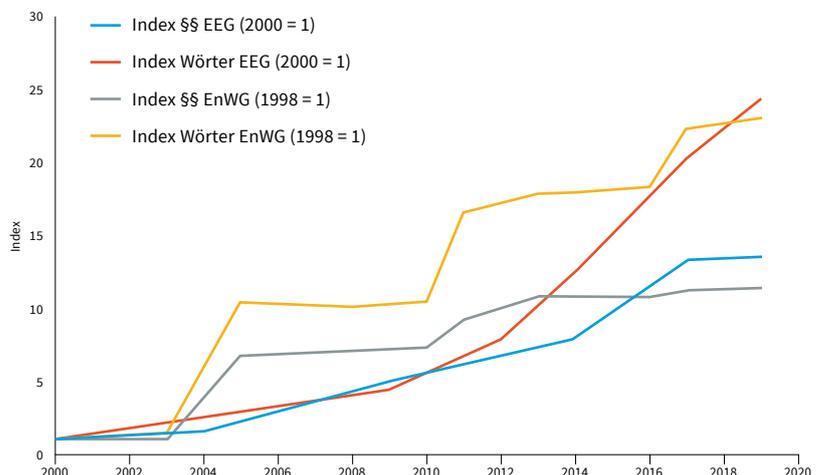
▷ HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // Flexibilität fordert den Rechtsrahmen

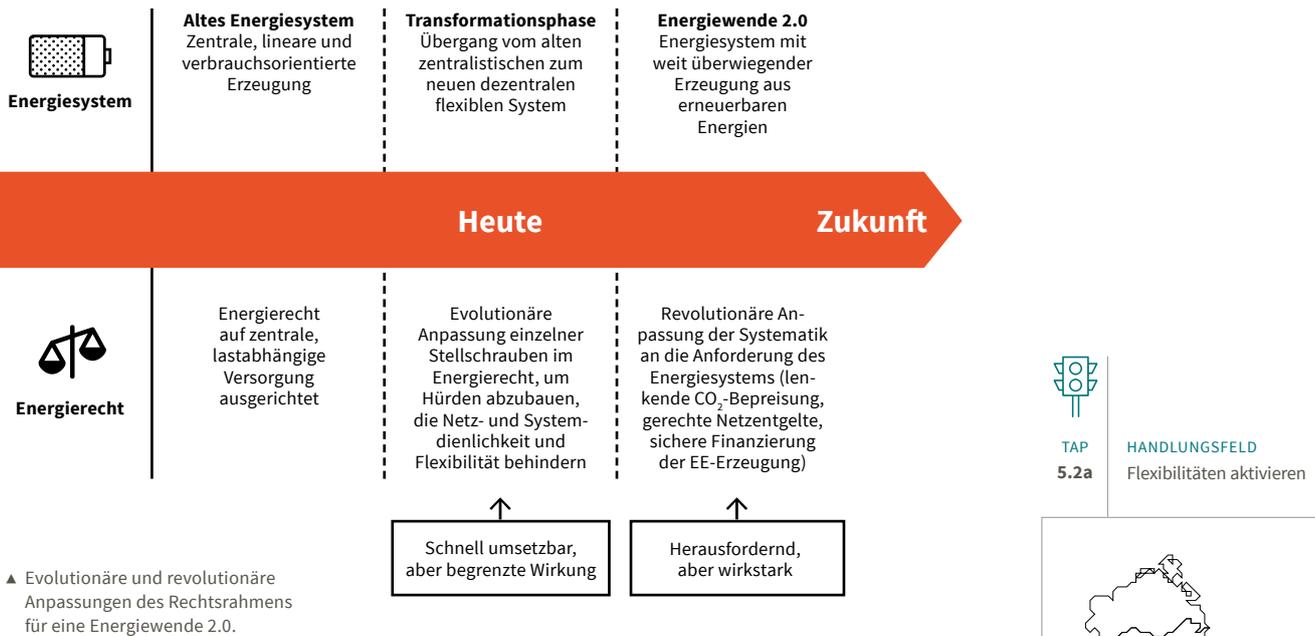
Steigende Erzeugungskapazitäten auf Basis erneuerbarer Energien erfordern zunehmende Flexibilität im Energiesystem. Um den Stromverbrauch der fluktuierenden Erzeugung – insbesondere aus Windkraft und Photovoltaik – anzugleichen, bedarf es sogenannter Flexibilitätsoptionen. Hierfür werden klassischerweise Speicher genutzt. Aber auch industrielle Lasten und Sektorkopplungsanlagen können dazu beitragen, grünen Strom dann zu nutzen, wenn er produziert wird. Durch Sektorkopplungstechnologien kann bei Einsatz erneuerbarer Energie die Dekarbonisierung von Verkehr, Industrie, Gaserzeugung und Wärmebereitstellung vorangetrieben werden.

Die regulatorische Umgebung, in die sich Flexibilitätsoptionen einzupassen haben, spiegelt das Bedürfnis nach Flexibilität bislang nur unzureichend wider. So wirkt sich etwa durch die bestehende Abgaben- und Umlagensystematik ein flexibles Verbrauchsverhalten finanziell mitunter sogar nachteilig für den Anlagenbetreiber aus.

Über die Jahre ist aus dem Energiewirtschaftsrecht ein immer größeres Normendickicht geworden, das u. a. Netzentgelte, Stromsteuer und EEG-Umlage regelt. Dabei erhöht sich die Komplexität nochmals deutlich durch branchen- und technologiespezifische Privilegierungen. So ist beispielsweise die Anzahl der Wörter im Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) zwischen 1998 und 2019 um mehr als das 23-Fache gewachsen.

▼ Entwicklung der Anzahl der Paragraphen und Wörter des EEG und des EnWG.
Quelle: Kalis/Dittmar: Quo vadis Energiewenderecht? TaTuP 28/3(2019) m. w. N.





▷ PROJEKTERGEBNISSE // Lösungen sind greifbar

Im Rahmen von WindNODE hat das IKEM den energierechtlichen Rahmen aufgearbeitet und Hemmnisse für den Einsatz von Flexibilität und der Sektorkopplung analysiert. Darauf aufbauend wurden Vorschläge für einen Rechtsrahmen der Zukunft entwickelt, der dem zunehmenden Bedürfnis nach Flexibilität und Dekarbonisierung gerecht wird. Im Kern lassen sich zwei Ansätze zur Änderung der rechtlichen Rahmenbedingungen unterscheiden:

1. Evolutionärer Ansatz

Über Anpassungen einzelner Gesetze und Paragraphen im energierechtlichen Geflecht kann der bestehende Rechtsrahmen schrittweise weiterentwickelt werden und so stärker das Flexibilitätsbedürfnis des Gesamtenergiesystems adressieren. Vorteil dieses evolutionären Ansatzes ist die verhältnismäßig einfache Umsetzbarkeit, da bestehende Normen lediglich modifiziert werden. Nachteilig ist aber, dass sich wohl nicht alle systemischen Hemmnisse und Hürden für die Flexibilität und die Sektorkopplung aus dem Weg räumen lassen.

2. Revolutionärer Ansatz

Die Energiewende stellt das Energiesystem vom Kopf auf die Füße. Während in der Vergangenheit große und mittlere Kraftwerke zentral und nachfrageorientiert Energie produziert haben, sind in Zukunft kleinere und dezentrale Anlagen (vorwiegend für erneuerbare Energie) für die Stromerzeugung zuständig, deren Leistung sich häufig nicht beliebig regeln lässt. Entsprechend müssen sich zunehmend die Verbraucher am Angebot orientieren. Diese Wende im Energiesystem bietet die Chance, das Energiewirtschaftsrecht „revolutionär“ neu auszugestalten und dabei möglichst zu verschlanken sowie zu vereinfachen. Beispielhaft werden im Rahmen von WindNODE die CO₂-Bepreisung und systemische Reformvorschläge zur Netzentgeltsystematik betrachtet.

Rechtssicher und wirkkünftig ausgestaltet kann ein erneuerter Rechtsrahmen Flexibilität anreizen, die Sektorkopplung stärken und zur Dekarbonisierung des Gesamtenergiesystems beitragen. Herausforderungen dieser revolutionären Ansätze liegen in der komplexen, eher langfristigen Umsetzbarkeit und dem nötigen gesellschaftlichen Konsens. Experimentierklauseln bieten dabei die Möglichkeit, die Ansätze in geschützten Räumen auszuprobieren.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // Zügiges Handeln und Weitblick

Die beiden Ansätze schließen sich nicht aus, sondern können sich ergänzen. In einem ersten Schritt ist der Rechtsrahmen evolutionär anzupassen und die besonders flexibilitätsfeindlichen Normen zu modifizieren. Zeitgleich mit der Umsetzung dieser leichter zu realisierenden Maßnahmen können die revolutionären Ansätze in Angriff genommen werden, um das Energierrecht zukunftsfest auszugestalten.



TAP
5.2a

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten aktivieren



► Titel des Teilarbeitspakets

Neues Marktdesign und Ausgestaltung der „gelben Ampel-Phase“

► Förderkennzeichen

03SIN519

► Partner des Projekts

▷ VERBUNDPARTNER

Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e. V. (IKEM)
Universität Leipzig, Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement (IIRM)

▷ ASSOZIIERTER PARTNER

Vattenfall Wasserkraft GmbH

► Kontakt

IKEM
Magazinstraße 15-16
10179 Berlin
Hannes Doderer
T +49 157 56153151
hannes.doderer@ikem.de

► Besuchbare Orte

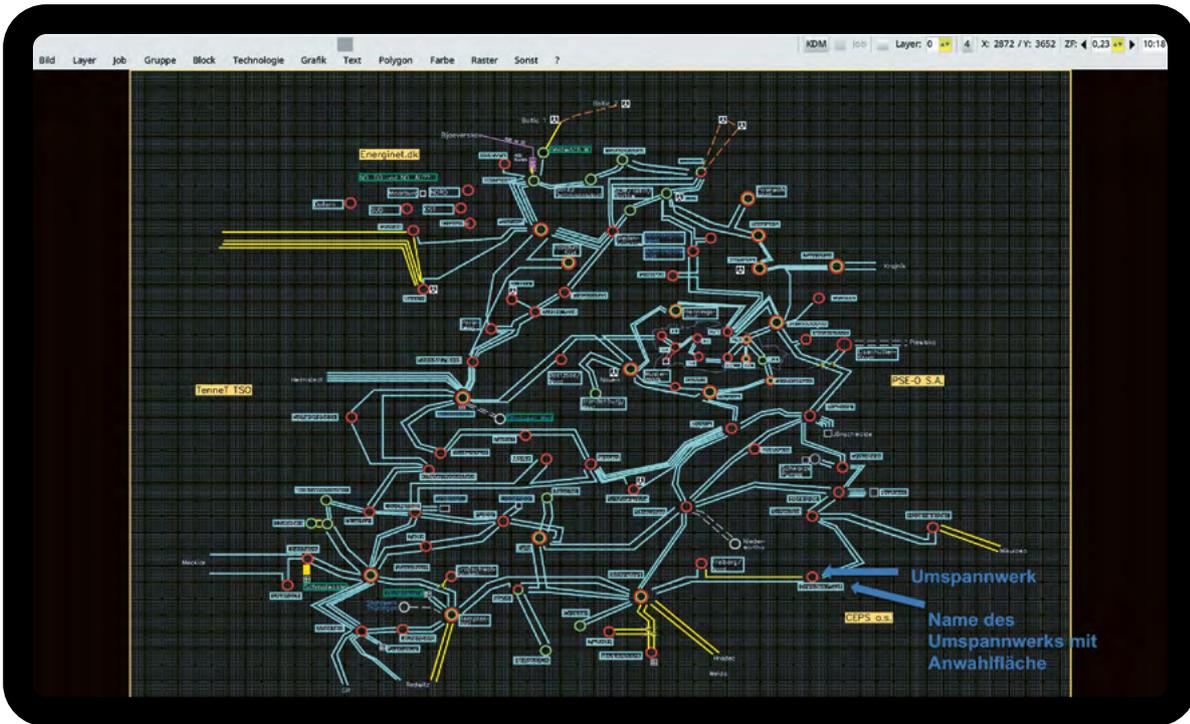
IKEM, Offenes Büro für Rechtsfragen
Magazinstraße 15-16
10179 Berlin

▷ BESUCHERANFRAGEN AN

Hannes Doderer
T +49 30 408187010
info@ikem.de



Weitere Infos unter
www.ikem.de



▲ Die Topologie des Höchstspannungsnetzes in der 50Hertz-Regelzone für das Jahr 2030 (geobezogen) bildet die visuelle Grundlage unserer Analysen zum markt- und netzdienlichen Einsatz von Flexibilität.

Flexibilität – Erfolgsfaktor der Energiewende, aber auch ein Business Case?

In Kooperation mit GridLab haben wir unsere Markt- und Netzmodelle in den Systemzustand des Jahres 2030 versetzt. Dadurch konnten wir plausible Szenarien untersuchen und Rückschlüsse auf den künftigen Bedarf an Flexibilität ziehen. Die Novelle des Netzausbaubeschleunigungsgesetzes (NABEG) sowie der geplante Netzausbau bieten zwar mittelfristig keine Anreize für regionalisierte Märkte, kurzfristig könnte Flexibilität jedoch vom Peer-to-Peer-Stromhandel profitieren.

▷ HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Wo wird Flexibilität im Energiesystem benötigt?**

Das Energiewirtschaftsgesetz grenzt den Netzbetrieb und das Marktgeschehen streng voneinander ab. Der Strompreis auf den Großhandelsmärkten spiegelt Angebot und Nachfrage wider und soll regulatorisch in seiner Höhe nicht beschränkt werden. Deshalb enthalten solche Preise keine Anreize dafür, dass sich Anlagenbetreiber und Stromkunden netzdienlich verhalten und physikalische Beschränkungen der Netzinfrastruktur einhalten. Bei absehbaren Verletzungen der technischen Restriktionen sichern die Netzbetreiber den Netzbetrieb durch den Einsatz von Systemdienstleistungen (SDL) ab, u. a. im Rahmen des Engpassmanagements mit konventionellen Kraftwerken. Im Extremfall müssen z. B. auch Windkraftanlagen abgeschaltet werden. Da sich der Marktanteil sowie die lokale Verfügbarkeit von steuerbaren Kraftwerken in den kommenden Jahren sukzessive reduzieren, müssen in Zukunft zunehmend die erneuerbaren Energien und sogenannte nicht konventionelle Flexibilitätsoptionen, wie z. B. Batteriespeicher, Lastmanagement sowie Power-to-X-Anlagen, die SDL bereitstellen. Die Eingriffe der Netzbetreiber in die marktorientierten Fahrpläne der Kraftwerke und die damit verbundenen volkswirtschaftlichen Kosten sind in den vergangenen zehn Jahren deutlich angestiegen.

Neben den steigenden Kosten sind auch die nicht in das Netz integrierbaren Grünstrommengen im Umfang von einigen Terawattstunden (TWh) ein Grund dafür, über geeignete Gegenmaßnahmen nachzudenken. Bei den Überlegungen zur Ausgestaltung der Interaktion von Netz und Markt wird seit einigen Jahren das sogenannte Ampelkonzept in Verbindung mit der Einführung von Smart Markets vorgeschlagen. Dahinter steht der Gedanke, Flexibilität für den netzdienlichen Einsatz zu aktivieren und marktbasierend zu vergüten. Im besten Fall entstehen dadurch neue Geschäftsmodelle für Technologien, die dafür notwendig sind, eine sichere und kosteneffiziente Energieversorgung von Strom, Wärme und Mobilität auf Basis von erneuerbaren Energien zu gewährleisten. Damit wird auch die Lücke der technischen Arbeitspakete in WindNODE zur Frage des Marktdesigns geschlossen: um beispielsweise die virtuellen Kraftwerke, die industriellen Lasten und flexiblen Quartiere netzdienlich einzusetzen, ist heute noch der Rückgriff auf Ausnahmetatbestände nach der SINTEG-Verordnung erforderlich. Mit dem obligatorischen Ende des regulatorischen Testbetriebs stellt sich die Frage nach den Anforderungen für ein zukünftiges Marktdesign. Hierfür haben wir den Strommarkt und das Netz für das Jahr 2030 im europäischen Kontext modelliert.

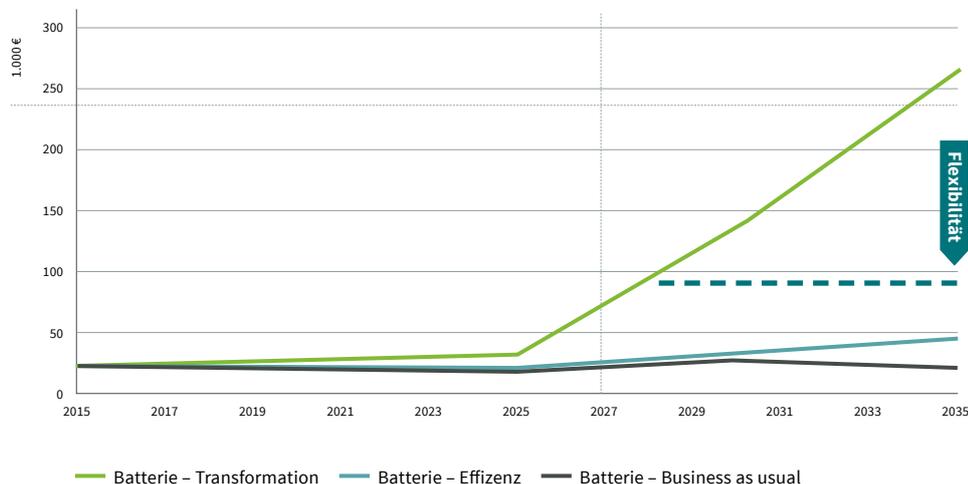


„Trotz der großen räumlichen Verteilung der Projektpartner war von Anfang an ein gemeinsamer WindNODE-Spirit spürbar. Das entstandene persönliche Netzwerk kann eine belastbare Grundlage bilden, auch nach dem offiziellen Projektende an Lösungen zur Umsetzung der Energiewende weiterzuarbeiten. Mut macht mir vor allem die Erkenntnis, dass die technische Machbarkeit der Demonstrationsprojekte in WindNODE gezeigt werden konnte.“

Dr. Hendrik Kondziella
WindNODE-Projektleiter,
Universität Leipzig

Flexibilität-Vermarktung am Spotmarkt

Batterie (1 MW/4 MWh)



◀ Bewertung des ökonomischen Potenzials von Flexibilitätsoptionen bei einer Vermarktung am Spotmarkt am Beispiel von Batterien (1 MW/4 MWh) in drei Szenarien. In Knappheitssituationen (grünes Szenario) steigt der Wert von Flexibilität stark an.

Durch die Kooperation mit GridLab konnten wir im Hinblick auf technische Details und die Datenverfügbarkeit weit über bisherige Ansätze in der Forschung hinausgehen und valide Aussagen ableiten. Eine weitere Brücke zum Hot Topic „Digitalisierung der Energiewirtschaft“ haben wir mit der Analyse von Peer-to-Peer-Märkten (P2P) und dem Aufbau einer softwarebasierten Forschungsinfrastruktur geschlagen.



an Flexibilitäts-
optionen in der
WindNODE-Region

▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Technische Vielfalt ermöglicht die Bereitstellung von Flexibilität (Flex)**

Flex-Atlas: Zunächst wurde die Frage beantwortet, wie viel Flexibilität heute schon in der WindNODE-Zone zur Verfügung steht. Die Datenbasis umfasst öffentliche Datenbanken sowie eigene Recherchen und gliedert sich in die vier Flex-Typen Klassische Letztverbraucher (Demand Side Management), Erzeugungsanlagen, Energiespeicher sowie Power-to-X-Anlagen. Den größten Beitrag zum technischen Flexibilitätspotenzial leisten die konventionellen und regenerativen Erzeugungsanlagen. Mit Blick auf den Bedarf an negativer Flexibilität (Stromsenken), insbesondere für das Netzengpassmanagement, ist das Abregeln von Wind und PV aus klimapolitischen Gesichtspunkten nicht wünschenswert. Alternativ stünde derzeit ein Mix aus den Flexibilitätsoptionen KWK-Anlagen, Pumpspeicher, Power-to-Heat, Biomasse und Lastmanagement bereit, deren technisches Potenzial in der WindNODE-Region etwa 12 GW beträgt.

Flex-Bedarf: Die Nachfrage nach Flexibilität kann u. a. aus Preisdifferenzen auf den Großhandelsmärkten (day ahead, intraday) sowie aus der Vorhaltung von Systemdienstleistungen resultieren. Die Kopplung des deutschen Marktgebietes mit anderen europäischen Preiszonen führte in den letzten Jahren trotz des Ausbaus der erneuerbaren Energien zu einer Glättung von Preisspitzen. Dadurch sank auch der Wert für den Einsatz kurzfristiger Flexibilität. Auf Basis der Kraftwerksverfügbarkeit des Netzentwicklungsplans und der Annahme eines ambitionierten Fahrplans für den Kohleausstieg könnten sich insbesondere in den Wintermonaten Knappheitssituationen (Dunkelflauten) von mehreren Wochen einstellen. Hierdurch steigt hauptsächlich der Bedarf an positiver Flexibilität (Stromzuschaltungen bzw. Lastabwurf). Auch in den übrigen Stunden des Jahres sind steigende Preisdifferenzen zu erwarten, die zu einem höheren Deckungsbeitrag gegenüber dem Status quo führen. Wird die Umsetzung aller Ausbaumaßnahmen des Netzentwicklungsplans vorausgesetzt, entsteht bis 2030–2035 praktisch ein engpassfreies Netzgebiet. Die Aktivierung von Flexibilität, z. B. über eine lokale Marktplattform, würde sich auf Ausfallereignisse größerer netztechnischer Anlagen bzw. die im Energiewirtschaftsgesetz vorgesehene Spitzenkappung beschränken. Ein erhebliches Potenzial ist allerdings dann zu erwarten, wenn es bei der Umsetzung des Netzentwicklungsplanes zu Verzögerungen kommt.

Durch das Netzausbaubeschleunigungsgesetz (NABEG-Novelle, die während der WindNODE-Laufzeit beschlossen wurde) können Anlagen bereits ab einer Leistung von 100 kW zur Bereitstellung von Flexibilität im Rahmen des Engpassmanagements verpflichtet werden. Damit sinkt das Potenzial möglicher Anlagen, die über eine Marktplattform zusätzliche Erlöse aus netzdienlicher Flexibilität generieren könnten.

Labchain: Existierende Lösungsansätze für P2P-Märkte sind oftmals durch einzelne, konkrete Markt- und Systemdesigns gekennzeichnet – eine umfassende Forschungsinfrastruktur für die experimentelle Energiewirtschaftsforschung ist nicht vorhanden. Deshalb wurde ein virtuelles Testlabor entwickelt, das eine Benutzerinteraktion mit einer offenen Datenschicht und einer Blockchain von Fraunhofer FOKUS für die Verbriefung von Geboten und Verbindlichkeiten zusammenführt.



mögliche CO₂-Einsparung pro Jahr in der WindNODE-Region, wenn abgeregelter Windstrom in Höhe von 5 TWh durch Power-to-Heat im Wärmesektor eingesetzt würde (Verdrängung von Wärmeerzeugung in Gaskesseln).



▲ Im Trainingssimulator einer Leitwarte wird beobachtet, ob und wie sich der Einsatz von Flexibilität aus den Verteilnetzen in der Regelzone auf die thermische Belastung ausgewählter Leitungen des Höchstspannungsnetzes auswirkt.

Dies ermöglicht den Teilnehmenden des Experiments den (simulierten) Betrieb von Anlagen sowie den Handel auf flexibel gestaltbaren simulierten Märkten. Hierdurch lassen sich vielfältige System- und Marktconstellationen untersuchen, die Einsichten in das Design zukünftiger P2P-Märkte geben.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // Potenzial für marktbasierete Beschaffung von Flexibilität

Der geplante Netzausbau und die durch die NABEG-Novelle zu erwartende Ausweitung der zur Netzdienlichkeit verpflichteten Anlagen schränken den Bedarf für die Nutzung einer regionalisierten Marktplattform durch den Übertragungsnetzbetreiber deutlich ein. Bisher in der Regulierung des Engpassmanagements weitgehend vernachlässigt wurde jedoch die Integration flexibler Lasten wie z. B. klassische industrielle Letztverbraucher, aber auch Power-to-X-Anlagen. Ein rechtzeitiger Beginn der Identifikation dieser nachfrageseitigen Potenziale auf einer Marktplattform könnte einen Mehrwert für die Netzplanung sowie die generelle Versorgungssicherheit darstellen – vor allem dann, wenn es zu Verzögerungen in der Umsetzung des Netzausbaus kommt. Die Möglichkeit, lokale Preissignale zu bestimmen, könnte auch eine Investitionsdynamik und damit verbundene Kostensenkungseffekte für Technologien auslösen, die im Rahmen einer umfassenden Energiewende systembedingt benötigt werden. Zudem wären flexible Lasten in der Lage, das Problem des strategischen Gebotsverhaltens auf konsekutiven Märkten abzumildern, da sie meist strukturell andere Opportunitätskosten aufweisen als konventionelle Erzeugungsanlagen. Werden die Opportunitätskosten in einer hohen zeitlichen Auflösung betrachtet, zeigt sich, dass keine statische Merit Order der Flexibilitäten existiert, sondern vielmehr in Abhängigkeit des Einsatzzweckes, z. B. Wärmeversorgung im Quartier, eine gewisse Bandbreite an Kosten für den netzdienlichen Einsatz zu erwarten wäre. Zudem wären flexible Lasten in der Lage, im Rahmen des Engpassmanagements einen CO₂-neutralen Bilanzausgleich zu gewährleisten.

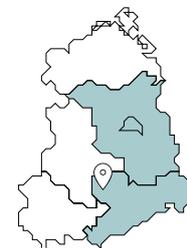
▷ WAS HEMMT DIE ENERGIEWENDE? // Regelarbeit muss den richtigen Rahmen setzen

Dringend nötig ist die Schaffung der energiepolitischen Voraussetzungen für einen schnellen Ausbau der erneuerbaren Energien in allen Sektoren! Derzeit schwächelt der weitere Zubau von Wind- und PV-Anlagen, wodurch die Klimaziele für das Jahr 2030 gefährdet wären. Erst mit hohen Anteilen erneuerbarer Energie entstünden Preissignale, die den Bedarf für Flexibilität und neue Geschäftsmodelle anzeigen. Hier fehlt derzeit ein klares Bekenntnis der Politik zu einer umfassenden Energiewende, das durch vereinfachte Ausschreibungs- und Genehmigungsverfahren unterlegt ist. Ein ausreichend hoher CO₂-Preis kann strombasierte Versorgungskonzepte im Wärme- und Mobilitätssektor unterstützen. Ohne die strategische Bevorzugung von Grünstrom in Form von reduzierten Abgaben und Umlagen oder auch Quoten bleibt Gas als Primärenergieträger für lange Zeit der Benchmark im Wärmesektor.



TAP
5.2b

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten aktivieren
Energiesystem digitalisieren



► Titel des Teilarbeitspakets

Neues Marktdesign
und Ausgestaltung der
„gelben Ampel-Phase“

► Förderkennzeichen

03SIN540

► Partner des Projekts

▷ VERBUNDPARTNER

Institut für Klimaschutz,
Energie und Mobilität e. V. (IKEM)

Universität Leipzig,
Institut für Infrastruktur und
Ressourcenmanagement (IIRM)

▷ ASSOZIIERTER PARTNER

Vattenfall Wasserkraft GmbH

► Kontakt

Dr. Hendrik Kondziella
T +49 341 9733525
kondziella@wifa.uni-leipzig.de

► Besuchbare Orte

GridLab Netzsimulator
Mittelstraße 7
12529 Schönefeld

Anmeldung erforderlich

▷ BESUCHERANFRAGEN AN

T +49 30 60086660
info@gridlab.de



Weitere Infos unter

www.gridlab.de
www.uni-leipzig.de



▲ Übersicht der aktuellen Blockchain-Anwendungen in der Energiewirtschaft aus dem Impulspapier der TU Berlin.

Die Notwendigkeit der digitalen Veränderung

Das WindNODE-Teilarbeitspaket 5.3 befasst sich mit Digitalisierungsaspekten in der deutschen Energiewirtschaft. Dabei wurde der Fokus auf zwei Schwerpunkte gelegt: Blockchain-Anwendungen und digitale Betätigungsfelder energiewirtschaftlicher Unternehmen. Es kann festgehalten werden, dass die Energiewirtschaft sich schon heute stark mit Digitalisierungsthemen auseinandersetzt. Von Prozessoptimierung bis hin zu komplett digitalen Geschäftsmodellen konnte einiges an Bewegung beobachtet werden.

▷ HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Blockchain-Technologie findet ihre Hauptanwendung im Peer-to-Peer-Bereich**

Mit einem Impulspapier zur Blockchain-Technologie in der Energiewirtschaft wurde im ersten Schritt eine Anleitung für die Überprüfung von Geschäftsmodellen und deren Kompatibilität hinsichtlich Anwendbarkeit und Auswahl einer geeigneten Blockchain-Lösung geschaffen. Durch den – in Anlehnung an die technische Konstruktionsweise von Blockchains – modularen Aufbau ist es möglich, die Technologie schrittweise einzuordnen und so besser zu verstehen. Gleichzeitig wird im zweiten Teil des Papiers eine ganzheitliche Marktübersicht (siehe Übersichtsgrafik)



„Ähnlich wie die digitale Weiterentwicklung der energiewirtschaftlichen Wertschöpfungskette zu einem Wertschöpfungsnetzwerk kommt auch das WindNODE-Netzwerk als sektorübergreifendes Konsortium zusammen, um gemeinsam einen Raum zu schaffen, in dem Hand in Hand an vielseitigen Lösungen für die Herausforderungen der Energiewende gearbeitet werden kann.“

Andreas Corusa
Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
Fachgebiet Energiesysteme,
TU Berlin

Prof. Dr. Georg Erdmann
Leiter des Fachgebiets Energiesysteme a. D.,
TU Berlin

der aktuellen Blockchain-Anwendungen im energiewirtschaftlichen Kontext gezeigt. Bemerkenswert ist die hohe Anzahl der gefundenen Fallbeispiele auf dem europäischen Kontinent. Überraschend tritt Deutschland in Erscheinung, in dem 32 der insgesamt 131 gefundenen Anwendungsfälle beheimatet sind. Die Mehrheit der Blockchain-Anwendungen, nämlich 37 Prozent, ist im Peer-to-Peer-Bereich angesiedelt. Dabei handelt es sich meist um digitale Marktplätze für lokal begrenzten Handel von erneuerbarem Strom.

▷ PROJEKTERGEBNISSE // Von der Wertschöpfungskette zum Wertschöpfungsnetzwerk

Eine Analyse der energiewirtschaftlichen Geschäftsmodelle zeigt, dass die Dekarbonisierung, Dezentralisierung und Digitalisierung des Energiesystems traditionelle Geschäftsmodelle aller Wirtschaftszweige beeinflussen. Die zunehmend dezentral eingesetzten Technologien haben einen erhöhten Koordinierungsbedarf zwischen den einzelnen Akteuren und Kunden zur Folge. Dies führt nicht nur dazu, dass durch den Prozess der Energiewende nahezu alle Sektoren beeinflusst werden, sondern auch dazu, dass die digitale Transformation integraler Bestandteil der Energiewende geworden ist. IKT-Lösungen halten in nahezu allen Bereichen der Unternehmen zunehmend Einzug, womit die IKT-Branche selbst einen immer größeren Stellenwert bekommt.

Die Bewältigung sämtlicher „neuartiger“ Aufgaben innerhalb der Wertschöpfung durch ein Unternehmen wird durch die Verschmelzung der Sektoren nicht nur erschwert, es entstehen auch neue und komplexere Verflechtungen. Dies wird vor allem anhand von neueren Geschäftsmodellen wie virtuellen Kraftwerken deutlich. Betrachtet man das Geschäftsmodell eines virtuellen Kraftwerks isoliert, so stellt man fest, dass dieser Marktakteur in einem eigenen „Wertschöpfungsnetzwerk“ agiert und dabei nicht nur die Energieflüsse koordiniert, sondern auch eine große Menge an Daten sammelt und auswertet. Überdies wird dabei eine Vielzahl an Dienstleistungen und Produkten in verschiedenen Bereichen der Wertschöpfungskette für verschiedene Kundenarten angeboten.



der Blockchain-Anwendungen sind im Peer-to-Peer-Bereich angesiedelt.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // Die Anpassung an den Wandel bleibt die Konstante

Die Umsetzung von neuen, digitalen Geschäftsmodellen vor dem Hintergrund des kommenden Smart-Meter-Roll-outs und der großflächigen Implementierung intelligenter Messsysteme wird zeigen, wie erfolgreich Unternehmen in der deutschen Energiewirtschaft die Transformation meistern werden. Es ist Fakt, dass die deutsche Energiebranche sich in einem starken Wandel befindet. Mit der Digitalisierung und den damit einhergehenden Prozessen geht auch die Notwendigkeit zur Veränderung der eigenen Geschäftsmodelle einher.



TAP
5.3

HANDLUNGSFELD
Energiesystem digitalisieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**
Geschäftsmodelle im digitalen Raum

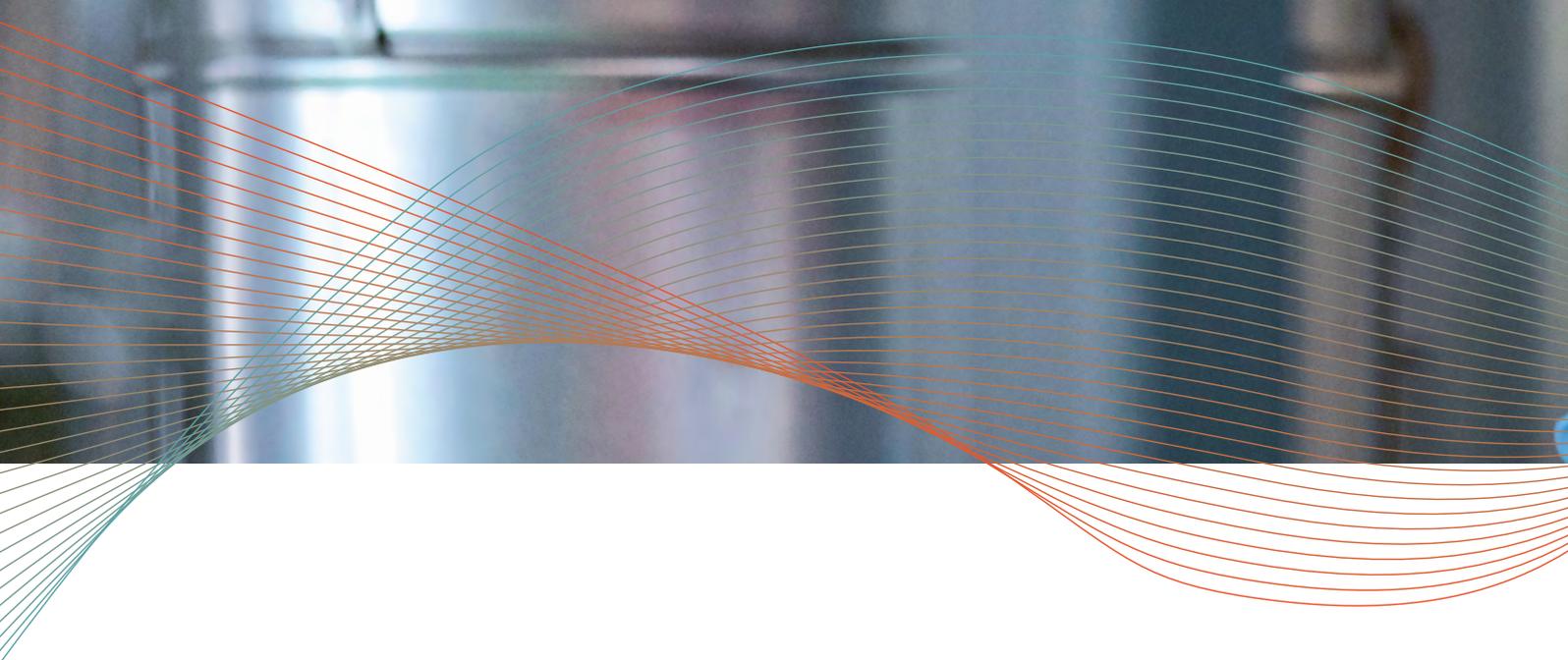
► **Förderkennzeichen**
03SIN537

► **Partner des Projekts**
TU Berlin Fachgebiet
Energiesysteme

► **Kontakt**
Andreas Corusa
andreas.corusa@tu-berlin.de



Weitere Infos unter
www.ensys.tu-berlin.de



Beteiligte Partner





128 – 153



Neue Flexibilitätsoptionen: Sektorkopplung

(Funktionale) Speicher sind wichtige Flexibilitätsoptionen im Energiesystem der Zukunft: Sie sorgen für eine zeitliche Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch und können so eine netz- und systemdienliche Wirkung entfalten.

Neben Batteriespeichern aus der Elektromobilität untersucht WindNODE in diesem Arbeitspaket auch thermische Anwendungen wie Power-to-Heat (PtH) und Power-to-Cold (PtC) (Sektorkopplung) und testet sie praxisnah. Speziell im Bereich Power-to-Heat zeigt WindNODE alle Größenordnungen – von der dezentralen Kleinanlage bis hin zu Europas größter PtH-Anlage mit über 100 MW.



Das Arbeitspaket 6 wird von Dr. Mathias Safarik (Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH Dresden) ehrenamtlich koordiniert.



▲ Batteriegetriebene Fahrzeugflotte der BSR.

E-Mobilität als flexible Last im Strommarkt

Kann gesteuertes Laden einer batteriegetriebenen Fahrzeugflotte als neue Flexibilitäts-option eine Rolle für das Energiesystem spielen? Stromnetz Berlin hat für die Berliner Stadtreinigung (BSR) 26 steuerbare E-Mobility-Ladepunkte installiert. Gemeinsam mit ÖKOTEC entwickelte die BSR eine prototypische Lösung für das gesteuerte Laden, sodass Fahrzeugbatterien als flexible Last dienen. Eine übertragbare Lösung folgt im Rahmen eines Ergänzungsprojekts.



„WindNODE vereinfachte der BSR den Einstieg in die E-Mobilität. Die Ergebnisse aus dem Reallabor erleichtern auch anderen Unternehmen den Ein- und Umstieg.“

Christian Heyken
Projektleiter WindNODE,
Berliner Stadtreinigung (BSR)

▷ HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // Inwieweit kommen kommunale E-Fahrzeugflotten als flexible Last infrage?

Um das Stromnetz stabil zu halten, müssen die Flexibilitäten der Energieerzeugung und -nutzung technisch und wirtschaftlich erschlossen und aufeinander abgestimmt werden. Im Gegensatz zu Flexibilitäten in Power-to-Value-Anlagen (TAP 6.2 und 6.3) oder in Haushalten (WindNODE-Arbeitspaket 4) machte es sich die BSR zur Aufgabe, zu untersuchen, inwieweit die E-Mobilität als wachsende Speichertechnologie eine Rolle spielen kann – besonders bei kommunalen und gewerblichen Flotten. Bisher existierte jedoch keine praktische Integration von E-Fahrzeugen als flexibler Last in den Strommarkt.

Zu Projektbeginn waren bei der BSR lediglich für die Ladung von E-Fahrzeugen abgesicherte, nicht steuerbare Steckdosen zum Laden von E-Fahrzeugen vorhanden. Zudem erfasste die BSR ihre Energiedaten im 15-Minuten-Raster vom Hauptzähler der jeweiligen Liegenschaft und vom jeweiligen Unterzähler der Ladeinfrastruktur.

Bis zu
70%
günstiger laden.

Auf Basis von Szenarioberechnungen hat sich für Strom ein theoretisch mögliches Einsparpotenzial von 70 Prozent des Börsenpreises ergeben. Eine konkretere Auswertung wird zum Ende des Projekts erstellt.

▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Die BSR testet eine energiewirtschaftliche Optimierung mit entsprechend ausgerichteter Ladeinfrastruktur im Day-Ahead- und Intraday-Handel**

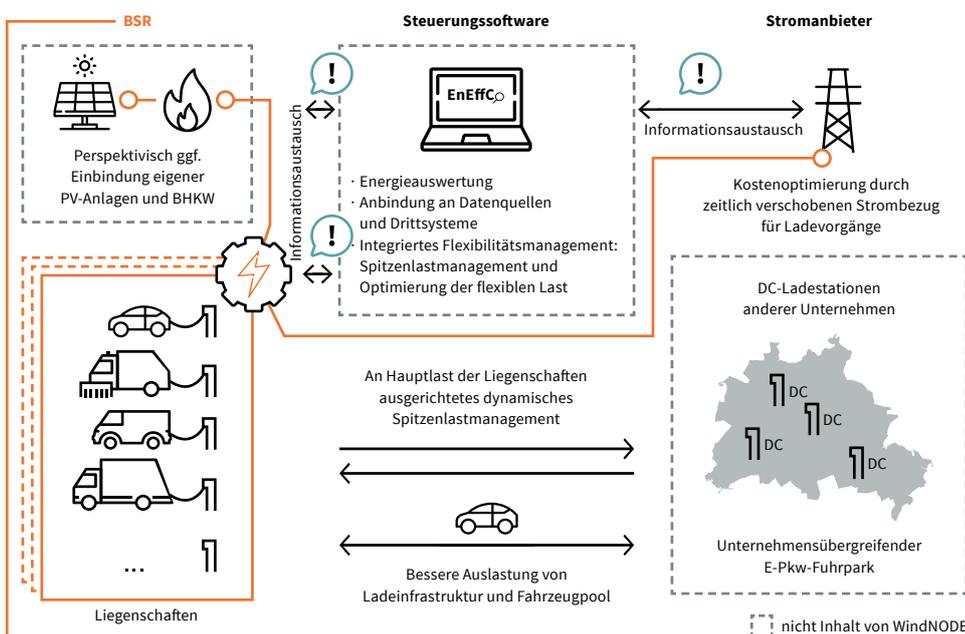
Die BSR hat zunächst im Rahmen von WindNODE, später im Rahmen anderer Förderprojekte, insgesamt 85 steuerbare Ladepunkte auf den BSR-Liegenschaften installiert und wird den Ausbau auch weiter vorantreiben. Mit dem WindNODE-Partner ÖKOTEC wurde die E-Flotte prototypisch mit dem Energiemarkt vernetzt und lädt dann, wenn ein hoher Anteil erneuerbarer Energie im Angebot ist. Im Laufe des Projekts hat sich die Optimierung der Beschaffung anhand der Marktsignale im Day-Ahead- und im Intraday-Handel als beste Lösung herausgestellt, um die flexible Last zu nutzen und das intelligente Lademanagement zu demonstrieren. Im Rahmen eines Ergänzungsprojekts wurde die Software EnEffCo® von ÖKOTEC auf den Anwendungsfall zugeschnitten und dient nun als Backend für die Optimierung. Für die Realisierung des Spitzenlastmanagements zur Minimierung von netzentgeltbedingten Kosten am Standort war es erforderlich, Zählertechnik zur Erfassung von zeitlich höher aufgelösten Werten als bisher im 15-Minuten-Raster des Mittelspannungshauptzählers zu installieren. Um den Weg rechtlich zu ebnen, hat die Energiewirtschaftsstelle bei der Ausschreibung der Strommengen für das Land Berlin eine Öffnungsklausel eingefügt, die es Stromkunden ermöglicht, gesondert genannte Unterzähler durch einen Dritten liefern zu lassen. Bis zum Ende des Projekts wird die BSR außerdem eine Roadmap zum weiteren Ausbau der Ladeinfrastruktur entwickeln, einen besuchbaren Ort installieren sowie den Prototypen auswerten.



TAP
6.1a
(BSR)

HANDLUNGSFELD

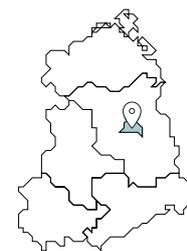
Flexibilitäten identifizieren
Flexibilitäten aktivieren
Energiesystem digitalisieren



▲ Optimierung der Ladekosten durch zeitlich gesteuertes Laden und perspektivisch mit selbst erzeugtem Strom. Erhöhung der Effizienz durch unternehmensübergreifende Nutzung von Ladestationen und Fuhrpark.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // **Elektromobilität bietet Potenzial, wenn der Stromanbieter mitspielt**

Im Projekt hat sich gezeigt, dass die energiewirtschaftliche Optimierung der Ladung von E-Fahrzeugen am Strommarkt eine vielversprechende Perspektive bietet – sowohl aus ökonomischer als auch aus ökologischer und systemischer Perspektive. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass auch Stromversorger das entsprechende Potenzial erkennen und passende energieflexible Belieferungsverträge anbieten, die den Flexibilitätsbeitrag von E-Fahrzeugflotten honorieren. Ferner wäre es wichtig, die Flottenbetreiber bzw. deren Ausrüster auf das flexible Laden hinzuweisen bzw. zu verpflichten.



► **Titel des Teilarbeitspakets**

Elektromobilität und Batteriespeicher ... Gesteuertes Laden bei einer batteriegetriebenen Nutzfahrzeugflotte

► **Förderkennzeichen**

03SIN506

► **Partner des Projekts**

▷ **VERBUNDPARTNER**
Berliner Stadtreinigung AöR
Berliner Wasserbetriebe AöR

► **Kontakt**

Christian Heyken
T +49 307592 2431
Christian.Heyken@bsr.de

► **Besuchbare Orte**

E-Mobilität als flexible Last
Ringbahnstraße 96
12103 Berlin-Tempelhof
Täglich geöffnet

▷ **BESUCHERANFRAGEN AN**

Christian Heyken
T +49 307592 2431
service@bsr.de



▲ E-Auto im Ladevorgang in einer Tiefgarage der BWB.

Intelligenter laden – Ladevorgänge mit Elektrofahrzeugen effektiver gestalten

In Zukunft werden in der Nutzfahrzeugflotte der Berliner Wasserbetriebe (BWB) mehr Elektrofahrzeuge ans Netz gehen. Mit zunehmendem Gebrauch der Ladeinfrastruktur ist es möglich, dass es an einzelnen Standorten des Unternehmens zu erhöhter Nutzung der Netzinfrastruktur kommt, was mit einer zusätzlichen Belastung einhergehen kann. Lastverschiebepotenziale können hier Abhilfe schaffen und eine teilweise Entlastung bewirken.



„Die Berliner Wasserbetriebe elektrifizieren 80 Prozent ihres Fuhrparks und beschleunigen somit die Verkehrswende im öffentlichen Bereich. Durch gesteuertes Laden werden Ladevorgänge flexibilisiert und an die Erzeugung regenerativer Energien angepasst.“

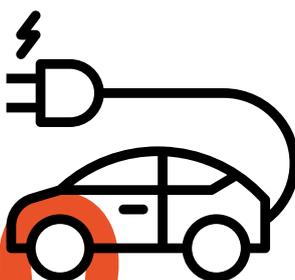
Regina Gnirß
Leiterin Forschung und Entwicklung,
Berliner Wasserbetriebe AöR

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // Die Problematik ungesteuerter Ladevorgänge

Das Land Berlin möchte den Anteil an konventionell angetriebenen Fahrzeugen im Straßenverkehr reduzieren. Die Wasserbetriebe als Berliner Landesbetrieb gehen mit gutem Beispiel voran und läuten die Verkehrswende im öffentlichen Bereich ein. Die Berliner Wasserbetriebe werden 80 Prozent ihres Fuhrparks auf Elektrofahrzeuge sukzessive umstellen. Dadurch wird aber das Verteilnetz unweigerlich mehr belastet. Erhöhte Lastspitzen bzw. schiefe Phasenbelastung können das Verteilnetz ins Ungleichgewicht bringen, und die lokalen Lastbezüge der Ladeinfrastruktur benötigen elektrotechnische Bedienung. Daher wird gesteuertes Laden umso wichtiger, da nach Feierabend die meisten Elektrofahrzeuge ans Netz gehen und gesteuertes Laden Überlastung verhindern kann.

► PROJEKTERGEBNISSE // Flexibilitäten identifizieren

Die Identifizierung von Lastverschiebepotenzialen benötigt eine umfangreiche Datengrundlage. Die Ladeinfrastruktur wird an allen Standorten vollumfänglich vernetzt, sodass eine zentrale Darstellung des aktuellen Status möglich ist. Dazu erfolgt die bidirektionale Anbindung aller Ladepunkte an ein Backendsystem. Das heißt einerseits, dass Informationen der Ladesäulen an das Backend übertragen und dort konsolidiert werden, andererseits kann über das Backend eine Aussteuerung der Ladeinfrastruktur erfolgen.



>170

E-Fahrzeuge bis Ende 2020

Ein Konzept zur intelligenten Verschiebung von Lastbezügen der Ladeinfrastruktur wurde bereits für einen Standort prototypisch erstellt. Die Erhebung der Daten erfolgte allerdings manuell. Durch die abgeschlossene Vernetzung und eine automatische Datenerfassung können Lastverschiebepotenziale an allen Standorten mit E-Fahrzeugen untersucht werden. Die pauschale Verschiebung von Lastbezügen auf typische Lastminima-Zeiten (z. B. nachts) kann bereits Abhilfe schaffen. Um das volle Potenzial von Lastmanagement nutzen zu können, muss intelligente und dynamische Lastverschiebung erprobt werden. Das heißt, dass der Bedarf an Ladeinfrastruktur jederzeit ermittelt und netzdienlich angepasst werden kann.

► FAZIT UND AUSBLICK // **Mobilität zukunftssicher gestalten**

Im Rahmen von WindNODE wurde in der bestehenden Ladeinfrastruktur des Fuhrparks der Berliner Wasserbetriebe ein Flexibilitätspotenzial von über 700 kW festgestellt, welches auf netzdienlichem Aussteuern von Ladevorgängen beruht. Der Ausbau der Ladeinfrastruktur und die Beschaffung schwerer Nutzfahrzeuge werden dieses Potenzial noch weiter steigern. Aus der Zusammenarbeit mit weiteren kommunalen Unternehmen am Standort „InfraLab“ ist u. a. bereits ein Verbundprojekt zur Erprobung von Konzepten eines geteilten Fahrzeugpools entstanden.

- ▼ Um die Ladevorgänge der BWB zu analysieren und auszusteuern, muss der Informationsfluss der Ladeinfrastruktur digitalisiert werden.



TAP

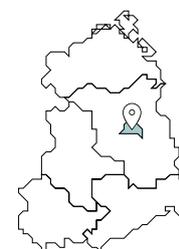
HANDLUNGSFELD

6.1a

Flexibilitäten identifizieren

(BWB)

Energiesystem digitalisieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**

Elektromobilität und Batteriespeicher ... Gesteuertes Laden bei einer batteriegetriebenen Nutzfahrzeugflotte

► **Förderkennzeichen**

03SIN550

► **Partner des Projekts**

► **VERBUNDPARTNER**

Berliner Stadtreinigung AöR
Berliner Wasserbetriebe AöR

► **Kontakt**

Berliner Wasserbetriebe
Neue Jüdenstraße 1
10179 Berlin
Regina Gnirß
T +49 3086441628
regina.gnirss@bwb.de

► **Besuchbare Orte**

InfraLab am EUREF-Campus
Torgauer Straße 15 B
10829 Berlin
Nach Anmeldung

► **BESUCHERANFRAGEN AN**

info@infralab.berlin



Weitere Infos unter

www.bwb.de



▲ E-Bus auf einem BVG-Betriebshof in Berlin.

Den Anforderungen der Verkehrs- und Energiewende gerecht werden

Unterschiedliche Lademanagementsysteme elektrischer Fahrzeugflotten werden entwickelt und in der Praxis getestet. Dabei werden zukunftsweisende Konzepte zur netzverträglichen Bereitstellung von Grünstrom für einen vollelektrifizierten ÖPNV erforderlich. Der Einsatz von Zwischenspeichern soll die Betreiber von Fuhrparks in die Lage versetzen, kritischen Lastspitzen entgegenzuwirken. Bei der BVG betrifft dies zwischen 100 und 300 E-Busse pro Betriebshof.

▷ HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Weitreichende Optimierungspotenziale des Energiemanagements durch E-Mobilität**

Mit dem Einsatz von Second-Life-Batterien als Zwischenspeicher werden kostenintensive Lastspitzen der Energieversorgung abgebaut. Durch den Einsatz von Speichern und E-Fahrzeugen kann auf marktliche Anreize zur Lastverschiebung reagiert werden, um so z. B. erneuerbare Überkapazitäten effektiv zu nutzen. Im Gegensatz hierzu haben Gebäude, Werkstätten und Waschstraßen nur bedingte Möglichkeiten zur Lastverschiebung.

Insbesondere das Lademanagement von E-Fahrzeugen bietet hohe Lastverschiebepotenziale, die aus einem hohen Anteil an Standzeiten resultieren. Darüber hinaus bieten die inzwischen hohen Reichweiten von E-Fahrzeugen der internen Dienstwagenflotte ergänzende Möglichkeiten. Da die Angebotsseite für Speicher heute noch nicht groß genug ist, war die Beschaffung und Integration von Second-Life-Speichern ebenfalls eine Herausforderung.





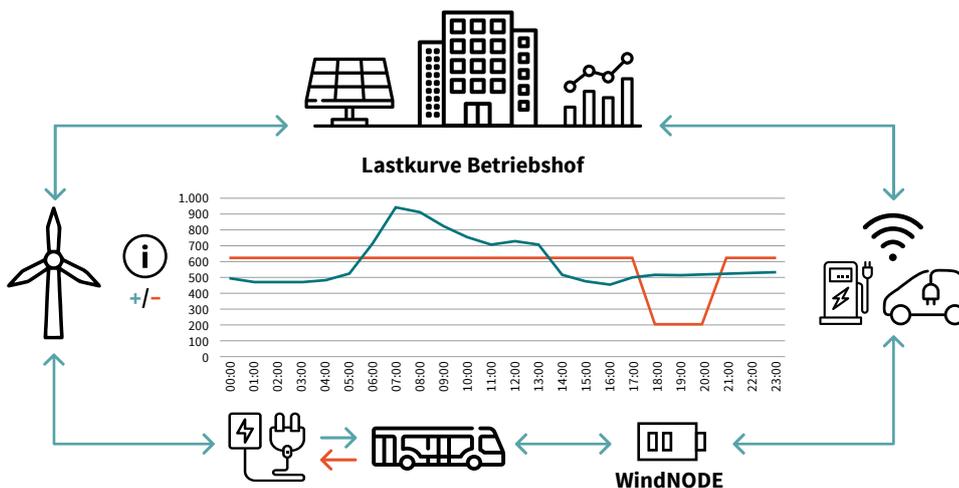
„Verkehrs- und Energiewende bedingen einander mit Blick auf die Umstellung auf E-Mobilität. Wir müssen nur lernen, die Flexibilisierungspotenziale der E-Mobilität zu nutzen. Der Markthochlauf für E-Fahrzeuge steht noch aus. Dieser wird sich regulieren, wenn die Flottenbetreiber erkennen, dass die E-Mobilität nicht nur ökologische, sondern auch bedeutende wirtschaftliche Vorteile mit sich bringt.“

Heinrich Coenen
Fuhrparkleitung,
BVG

▷ PROJEKTERGEBNISSE // Komplexes Zusammenspiel von Einzelsystemen

Der erste Aufbau der Ladeinfrastruktur einschließlich der erforderlichen Netzanbindung wurde 2019 abgeschlossen. Zur Vermeidung von Ausbauten der vorgelagerten Stromnetze wird in der Zeit von 18:00 bis 20:00 Uhr kein Leistungsstrom für die Ladeinfrastruktur zur Verfügung gestellt. Dies ist der Zeitbereich, in dem der höchste Stromverbrauch in Berliner Haushalten zu verzeichnen ist und die Stromnetze bereits einer Spitzenlast ausgesetzt sind. Hier kommt das Batteriespeichersystem zum Einsatz, um einen Ausgleich zu schaffen, sodass zwingende Ladevorgänge dennoch durchgeführt werden können. Diese bislang statische Lastbeschränkung wird dynamisiert. Hierfür müssen gesicherte Daten des Stromnetzbetreibers zur Verfügung stehen, die Aufschluss über die aktuelle Netzbelastung und Informationen zu aktuellen Über- oder Minderangeboten von Grünstrom geben.

Die berechneten Szenarien zeigen, dass die Integration einer E-Fahrzeugflotte mit reduzierten Ausbauten der Stromnetze erfolgen kann. Der Einsatz von Zwischenspeichern ermöglicht gegenüber dem Status quo einen Abbau von Lastspitzen und liefert damit bereits heute einen Teilausgleich.



▲ Wechselspiel aus Betriebshofmanagement, intelligenter Ladeinfrastruktur, Zwischenspeichern, bidirektional ladenden Fahrzeugen sowie den Informationen aus dem vorgelagerten Stromnetz.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // Betriebshofplanung 2030 im Blick

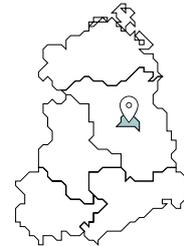
Insbesondere für systemkritische Bereiche wird die Ersatzteilbestellung in Form von Traktionsbatterien künftig eine große Rolle spielen. Daher werden nicht nur Second-Life-Speicher, sondern auch Neubatterien für die Nutzung als Zwischenspeicher bedeutsam sein. Die Hersteller müssen Konzepte zur Lieferfähigkeit und Lagerhaltung dieser Ersatzteile erarbeiten. Gemeinsam müssen Kooperationsmodelle entwickelt werden, sodass die Neubatterien unter optimalen Bedingungen bei Verbrauchern mit hohem Energiebedarf gelagert werden und zum Zwischeneinsatz kommen. Der Einsatz von Alt- und Neubatterien muss bei der Konzeption von „Betriebshöfen 2030“ mit bis zu 300 E-Bussen berücksichtigt werden.



TAP
6.1b

HANDLUNGSFELD

Flexibilitäten identifizieren



► Titel des Teilarbeitspakets

Elektromobilität und Batteriespeicher ... Netz- und systemdienliche Ladestrategien für batteriebetriebene Busse im ÖPNV

► Förderkennzeichen

03SIN549

► Partner des Projekts

▷ VERBUNDPARTNER
Berliner Verkehrsbetriebe AöR

► Kontakt

Berliner Verkehrsbetriebe AöR
Holzmarktstraße 15-17
10179 Berlin
Projektleiter Heinrich Coenen
T +49 30 25627021
heinrich.coenen@bvg.de

► Besuchbare Orte

Busbetriebshof
Indira-Gandhi-Straße 98
13053 Berlin
Nach Anmeldung

▷ BESUCHERANFRAGEN AN
info@bvg.de



Weitere Infos unter
www.bvg.de



▲ Besichtigung des Vakuumeis-Kältespeichers in Göttingen.

Pumpfähiges Eis – effizient, leistungsfähig und flexibel

Kälte dient nicht nur zum Klimatisieren, sondern auch um Lebensmittel herzustellen und zu lagern sowie zum Kühlen im Rahmen von Industrieprozessen. Diese Kälte wird häufig in großem Maße und ganzjährig benötigt und mit Strom erzeugt. Das Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden (ILK) entwickelt und demonstriert eine neuartige Kältespeicherung für industrielle Kälteanlagen. Damit wird es möglich, auch große Kältemengen effizient zu speichern. So kann die Kälte immer dann erzeugt werden, wenn Sonne und Wind genügend Strom liefern.



„Für eine stabile Energieversorgung mit einem hohen Anteil an regenerativen Energien sind intelligente Speicherkonzepte notwendig, um das volatile Verhalten der regenerativen Energien zu kompensieren. Im WindNODE-Projekt wurden Lösungen dazu erarbeitet. Die Vakuum-Flüssigeis-Technologie leistet für den Industrie- und Klimakältebereich ihren Beitrag zu mehr erneuerbarer Energie im Netz und hoher Versorgungssicherheit.“

Christine Tillmann
Wissenschaftliche Mitarbeiterin,
ILK Dresden

▷ HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // Eine neue Form der Kältespeicherung

Die Möglichkeiten, Kälte in industriellen Kälteanlagen wie Kühlhäusern, Brauereien oder Molkereien zu speichern, sind bislang eingeschränkt. Herkömmliche Kältespeicher wie Kaltwasser- oder Festeispeicher sind temperaturbedingt nicht einsetzbar oder lassen sich kaum in die Anlagen integrieren. Auch das zeitweise Abkühlen des Kühlgutes unter die eigentlich erforderliche Temperatur ist nur bei einigen Produkten möglich. Zudem kann auf diese Weise nur wenig Energie gespeichert werden.

Als neuer Ansatz wird daher in WindNODE ein pumpfähiges Wasser-Eis-Gemisch zur Kältespeicherung eingesetzt. Das sogenannte Flüssigeis („ice slurry“) wird dabei mit dem besonders effizienten und leistungsfähigen Vakuumeis-Verfahren erzeugt. Dabei wird Wasser bei sehr niedrigem Druck von ca. 6 mbar in der Nähe seines Tripelpunktes verdampft. Am Tripelpunkt kann Wasser gleichzeitig verdampfen (sieden) und gefrieren. Durch Absaugen des Wasserdampfes (Kältemittel) wird der Verdampfungsprozess kontinuierlich aufrechterhalten, sodass an der Wasseroberfläche gleichzeitig Eiskristalle entstehen. Die gefrierenden Wassermoleküle stellen die zur Verdampfung anderer Wassermoleküle notwendige Energie bereit. So entsteht im Verdampfer ein Wasser-Eis-Gemisch, welches dann zur Lagerung in einen Speicherbehälter befördert wird.

Mit diesem Konzept kann Kälte mit einer hohen Energiedichte in beliebigen Mengen kostengünstig gespeichert und bei Bedarf flexibel zur Kühlung eingesetzt werden. Zudem kann das Flüssigeis als Kälte Träger, also zum Transport der Energie, verwendet werden. Auch dabei punktet es mit einer wesentlich höheren Energiedichte im Vergleich zu Kaltwasser oder Wasser-Glykol-Gemischen.

Die Vakuum-Flüssigeis-Technologie, die im Klimakältebereich mittlerweile schon in ersten Anwendungen erprobt ist, muss für den Einsatz in der Industriekälte auf die dort geringeren Temperaturen angepasst werden. Dazu ist eine Verschiebung des Gefrierpunktes auf bis zu -5 °C notwendig. Dies wird durch den Zusatz von Additiven, z. B. Salz, erreicht. Allerdings sinken mit der Gefriertemperatur auch der Verdampfungsdruck und die Dampfdichte, die schon bei 0 °C fast 300-mal kleiner ist als die Dichte von Luft.



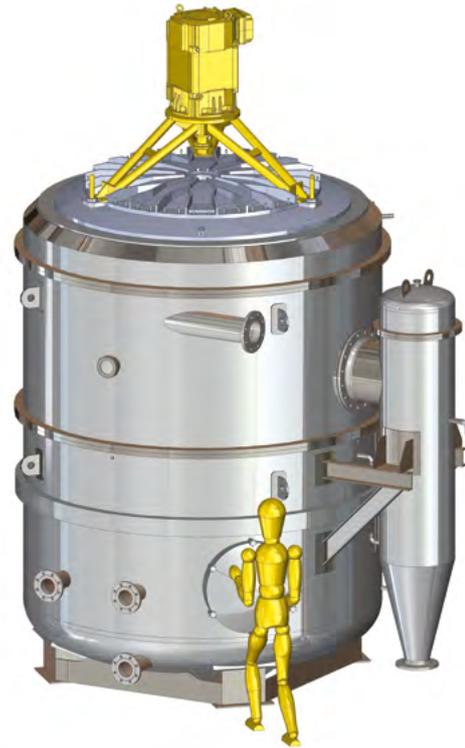
▲ Abbildung 1:
Planungsansicht des
90-m³-FlüssigeisSpeichers.

Der geladene Flüssigeispeicher reicht aus, um



25.000 m²

typische Bürofläche eine Woche lang zu klimatisieren.



▲ Abbildung 2: CAD-Modell des Flüssigeiszeugers für Gefriertemperaturen bis $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

◀ Abbildung 3: Vakuumeis-Kältespeicher zur Kälteversorgung eines Laborgebäudes.

Für den Wasserdampf-Turboverdichter, der den Prozess der Eisbildung antreibt, stellen der niedrigere Druck und die geringere Dampfdichte eine große Herausforderung dar. Darüber hinaus mussten aber auch andere Teilkomponenten, wie der Direktverdampfer, an die neuen Betriebsbedingungen und die deutlich gesteigerte Leistung angepasst werden.

▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Analysieren, entwickeln, demonstrieren**

Zunächst wurden in einer Modellversuchsanlage unterschiedliche Additive untersucht, mit denen die Schmelztemperatur des Eises an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden kann.

In Zusammenarbeit mit dem assoziierten WindNODE-Partner Radeberger Gruppe wurden die technologischen Anforderungen an eine flexible Kältespeicherung in großen und oft verzweigten Kälteanlagen analysiert. Darauf aufbauend wurden verschiedene Einbindungsvarianten des Flüssigeispeichers sowie unterschiedliche Optionen zur Kältebereitstellung für die Eiszerzeugung konzipiert. Dabei wurde großer Wert auf die möglichst geringe Beeinflussung der bestehenden Technik gelegt, um keine Abstriche an der Versorgungssicherheit zuzulassen.

In Abbildung 4 ist eine Variante dargestellt, die für typische, meist auf dem Kältemittel Ammoniak basierende Kältesysteme in Brauereien geeignet ist und die geringsten Investitionskosten aufweist. Alternativ zur Anbindung an den bestehenden Abscheider kann mit einem zusätzlichen Kaltwassererzeuger die gesamte Kälteerzeugungsleistung gesteigert werden. Diese Variante bietet sich u. a. zur Nutzung („Speicherung“) von Strom aus PV-Anlagen an, da dieser häufig in Zeiten anfällt, in denen die bestehende Kälteanlage aufgrund hoher Umgebungstemperaturen bereits stark ausgelastet ist.

Anstelle des strombetriebenen Kaltwassererzeugers in Abbildung 4 kann auch eine abwärmegetriebene Absorptionskältemaschine das zur Eiszerzeugung notwendige Kaltwasser bereitstellen. Somit können KWK-Anlagen flexibilisiert und gleichzeitig eine hohe Energieeffizienz sichergestellt werden.



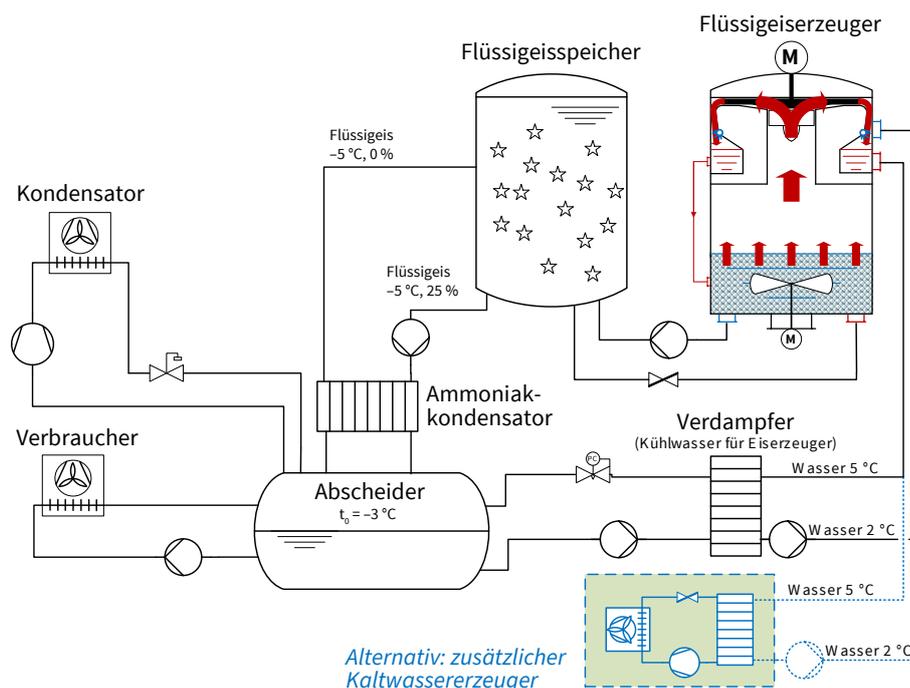
Mit Flüssigeis kann 7- bis 8-mal so viel Kälte im gleichen Volumen gespeichert werden wie mit Kaltwasser.

Die Kernkomponente des Vakuumeisenerzeugers ist der Wasserdampf-Turboverdichter. Er wurde in umfangreichen fluiddynamischen Auslegungs- und Simulationsrechnungen an die veränderten Betriebsbedingungen angepasst.

Zudem wurden weitere Komponenten dimensioniert und konstruiert sowie eine schwingungstechnische Analyse der gesamten Anlage durchgeführt. Diese Erkenntnisse flossen direkt in den Bau einer 400-kW-Vakuumeisanlage ein, mit der das Kälteversorgungssystem eines modernen Großrechenzentrums optimiert wird. Mit diesem Zwischenschritt konnten die Simulationsrechnungen validiert werden. Die Ergebnisse aus der Erprobung wurden bei der Gestaltung des WindNODE-Sub-Zero-Flüssigeisenerzeugers mit einer maximalen Eisenerzeugungsleistung von 500 kW berücksichtigt (Abbildung 2). Der Aufbau dieses Demonstrators und die Kombination mit einem 90-m³-Flüssigeispeicher (siehe Abbildung 1) erfolgen im letzten Projektjahr.

► FAZIT UND AUSBLICK // Mut zur Innovation gefragt

Die Ziele des Teilprojekts wurden erreicht. Im nächsten Schritt muss die Integration von Demonstratoren in reale, industrielle Kälteanlagen erfolgen, um wichtige Praxiserfahrungen zu sammeln und zukünftige Anwender zu überzeugen. Damit derartige Demonstrationsprojekte zustande kommen und deren Umsetzung gelingt, bedarf es neben (förder-)politischen Rahmenbedingungen couragierter Unterstützer und Entscheider in den Unternehmen der Branche, die bereit sind, neue Technologien gemeinsam zu erproben und Innovationen den Weg in den Markt zu bahnen.



▲ Abbildung 4: Einbindung eines Flüssigeis-Kältespeichers in ein industrielles Kältesystem mit Direktverdampfung ohne zusätzlichen Kälteerzeuger bzw. alternativ mit zusätzlichem Kaltwassererzeuger.

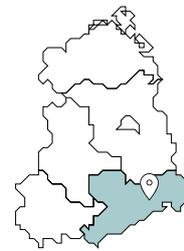
► WAS HEMMT DIE ENERGIEWENDE?

Gespräche mit Fachkollegen und potenziellen Anwendern zeigen: Kältespeicherung ist die Technologie der Zukunft! Jedoch fehlen in Deutschland noch die passenden Rahmenbedingungen, um die von Unternehmen erwarteten, kurzen Amortisationszeiten für Kältespeicher zu erreichen. Die Tarifstrukturen in anderen Ländern und der Kältebedarf in den warmen Regionen bieten günstigere Bedingungen. Für den Schritt ins Ausland bedarf es aber (weiterer) Referenzen im Inland, Startkapital und Umsetzungspartner. Eine hardwareintensive Technologie, entwickelt in einem unabhängigen Forschungsinstitut, fällt leider durchs Raster bestehender Fördermöglichkeiten in Deutschland.



TAP
6.2

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten identifizieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**
PtC-Anwendungen (Power-to-Cold)
im Industriemaßstab

► **Förderkennzeichen**
03SIN520

► Partner des Projekts

► **VERBUNDPARTNER**
Institut für Luft- und Kältetechnik
gGmbH (ILK Dresden)

► **ASSOZIIERTER PARTNER**
Radeberger Gruppe KG

► Kontakt

Dr. Mathias Safarik
T +49 351 4081-701
mathias.safarik@ilkdresden.de

► Besuchbare Orte

Flüssigeispeicher im ILK Dresden
Bertolt-Brecht-Allee 20
01309 Dresden
Nach Anmeldung

► BESUCHERANFRAGEN AN

Dr. Mathias Safarik
T +49 351 4081-701
mathias.safarik@ilkdresden.de



Weitere Infos unter
www.ilkdresden.de



▲ Abnahme und Testschaltungen des ersten verbauten intelligenten Messsystems mit Steuerbox. Dieses schaltet hier die Fahrweise einer Wärmepumpe.

Verbrauchernahe flexible Wärmeerzeugung als netzdienliche Maßnahme

Der Ansatz des WindNODE-Projekts „Windheizung statt Nachtspeicher“ der WEMAG verfolgt das Ziel einer Flexibilisierung von Verbraucherlasten im Netz am Beispiel einzelner Power-to-Heat-Demonstratoren. Zentrale Teile des Projekts sind die Analyse der technischen und wirtschaftlichen Anforderungen zur Flexibilisierung der Anlagen sowie die Installation und Erprobung der „smarten“ technischen Betriebsmittel im konkreten Fall. Ziel ist die Bestimmung möglicher technischer und wirtschaftlicher Blaupausen, um zukünftig flexible elektrische Heizsysteme als lokale Netzlasten zu nutzen. Damit können der Verbrauch regenerativer Energie vor Ort erhöht und der Transportaufwand sowie Netzengpässe reduziert werden.

▷ HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // Einsatz von Power-to-Heat-Anlagen für eine flexible Verbrauchssteuerung

Netzengpässe und Einspeisemanagementmaßnahmen (ESM) treten vermehrt in Situationen hoher lokaler regenerativer Erzeugung mit gleichzeitig niedriger lokaler Entnahme auf. Um diesem Problem entgegenzuwirken und gleichzeitig eine hohe regenerative Einspeisung zu gewährleisten, werden üblicherweise entsprechende Netzausbaumaßnahmen durchgeführt. Ein möglicher Ansatz zur Problemlösung könnte sein, eine gezielte Erhöhung von Verbraucherlasten in Zeitpunkten hoher Einspeisung umzusetzen (Demand Side Management oder DSM). Diese Flexibilisierung des Verbrauchs kann u. a. durch eine bedarfsgerechte Sektorkopplung erreicht werden.

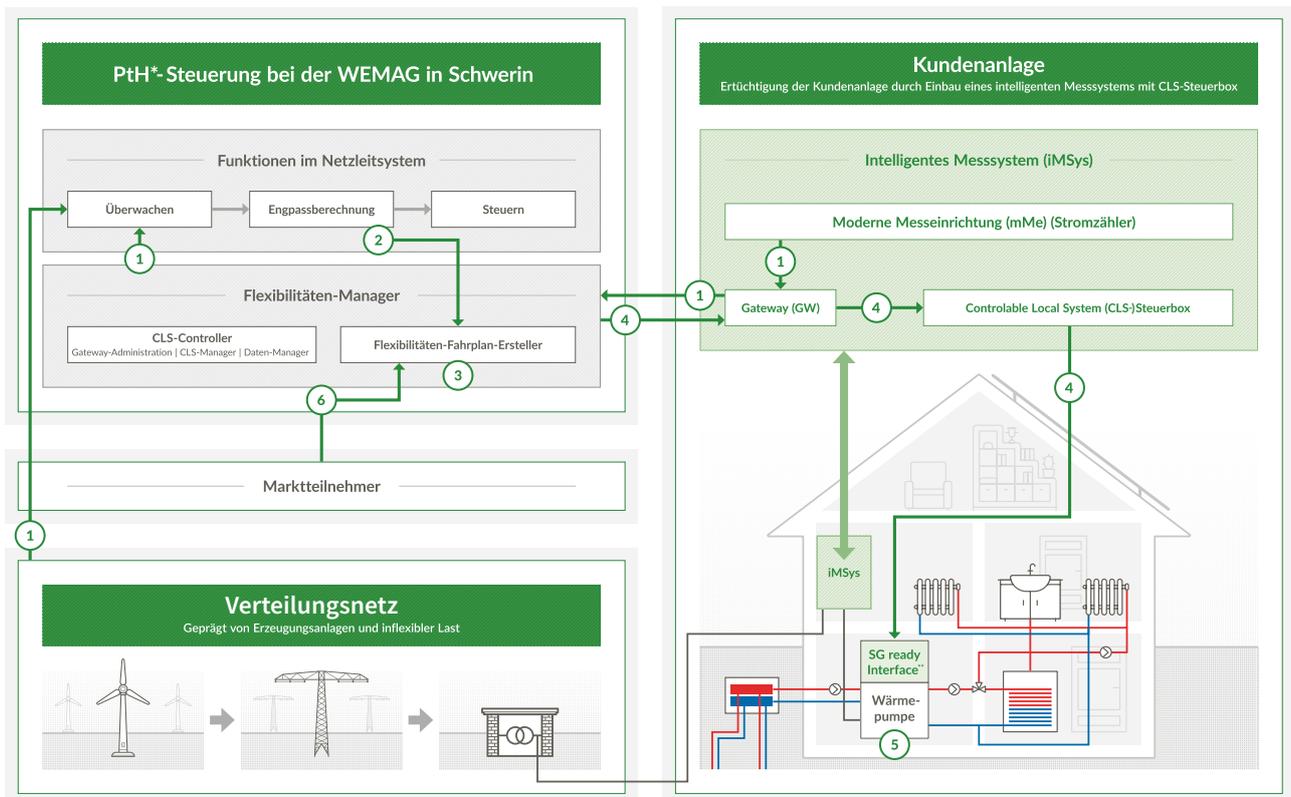
Für den Wärmesektor gibt es bereits heute Konzepte zur Sektorkopplung in Form von Nachtspeicherheizungen (NSH) und Wärmepumpen (WP). Dort wird aktuell der Effekt der zeitlichen Verschiebung der Wärmeeinspeicherung mittels Zeitschaltuhren genutzt. In festen Ladefreigabezeiten, häufig zwischen 22:00 und 06:00 Uhr, werden niedrigere Stromtarife angeboten.

Die Herausforderung an dem bestehenden Konzept ist die unflexible statische Vorgabe des Ladefensters, welches sich nicht an den volatilen Erzeugungsspitzen aus erneuerbaren Energien ausrichtet. Durch eine geeignete Steuerelektronik in Form eines intelligenten Messsystems (iMSys) mit Fernsteuereinrichtung (Controllable Local System oder CLS) wird es technisch jedoch möglich, Nachtspeicherheizungen und Wärmepumpen zu flexibilisieren. Die parallele Implementierung der Steuerung mit Kommunikationsschnittstelle in das Netzleitsystem des Netzbetreibers ermöglicht außerdem einen netzdienlichen Einsatz der Anlagen (siehe Abbildung 1).



an Erzeugungsleistung wurden im Jahr 2019 zur Behebung von Netzengpässen im Übertragungs- und Verteilungsnetz im Gebiet der WEMAG Netz GmbH abgeregelt.

▼ Abbildung 1: Schematische Darstellung der Steuerung einer Power-to-Heat-Anlage beim Kunden durch den Netzbetreiber.



- ① Netzleitstelle überwacht das Netz
→ Erhält reale Messwerte
→ Erhält Steuerpotenziale der flexiblen Lasten im Netz
- ② Netzleitstelle berechnet mögliche Engpässe im Voraus (Prognoserechnung)
- ③ Entwicklung eines Fahrplans für flexible Lasten, um Engpass zu bewirtschaften
- ④ Ansteuerung der Flexibilitäten via iMSys
- ⑤ Dem Engpass wird durch Aufruf von Flexibilitäten entgegengewirkt
- ⑥ Mögliche Marktteilnehmer haben Zugriff auf freigegebene Flexibilitätsoptionen

* Power-to-Heat | ** Smart Grid ready Interface: Schnittstelle zur Steuerung von Wärmepumpen

Neben den technischen Herausforderungen sind auch die netzwirtschaftlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Die flächendeckende Ausschöpfung des verfügbaren Potenzials für Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen setzt voraus, dass die wirtschaftlichen und regulatorischen Anreize zukünftig erhöht werden. Dies sowohl für die Investition in den Wechsel von anderen, meist fossilen Heizsystemen als auch für die entstehenden jährlichen Betriebskosten.



„Der Netzausbau kann mit der Geschwindigkeit des Ausbaus erneuerbarer Energien kaum Schritt halten. Die Bewirtschaftung temporärer Erzeugungsüberschüsse bleibt daher eine Herausforderung für die Netzbetreiber. Der Einsatz von Energiespeichern sollte als Möglichkeit zur Optimierung der Netzauslastungen stärker in den Fokus rücken und sich in innovativen sowie wirtschaftlich attraktiven Lösungen für Netzkunden widerspiegeln.“

Andreas Haak
Geschäftsführer,
WEMAG Netz GmbH



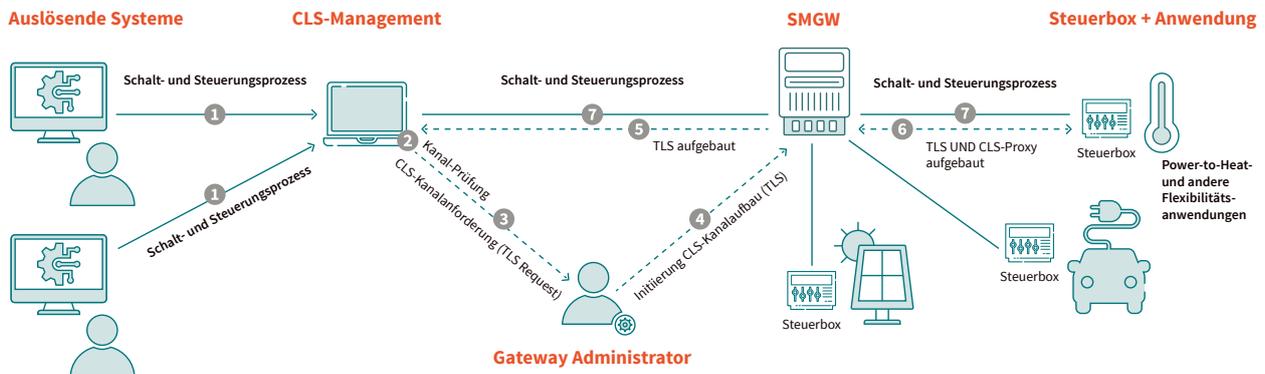
an flexiblen technischem Power-to-Heat-Potenzial werden bis zum Jahr 2035 für das Netzgebiet prognostiziert.

▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Einsatz von intelligenten Messsystemen mit Steuerbox**
Technische Umsetzung der Demonstratoren

Nach erfolgreicher Prüfung der unterschiedlichen Steuerungssysteme setzt die WEMAG Netz GmbH auf den Einsatz eines standardisierten intelligenten Messsystems (iMSys) in Verbindung mit einer CLS-Schaltbox. Dazu werden das Gateway und die Steuerbox als „Huckepack-Lösung“ auf den Dreipunktzähler montiert (siehe Abbildung 3). Die Kommunikation mit dem Gateway erfolgt über eine Funkverbindung. Diese Schaltbox ist an die Aufladesteuerung einer Nachtspeicherheizung oder an die Steuerung einer Wärmepumpe angeschlossen.

Die Fahrpläne werden zurzeit in der Netzleitstelle des Netzbetreibers aus Wetterprognosen und den infolge dieser zu erwartenden Einspeisemengen aus erneuerbaren Energien manuell erstellt. Über das zur Verfügung gestellte CLS-Managementsystem wird der Fahrplan auf die entsprechende CLS-Steuerbox geladen. Dies erfolgt nach dem Kommunikationsschema in Abbildung 2. Die Schaltbox steuert so den Betriebszustand der angeschlossenen flexiblen Heizung entsprechend den Strommengen im Netz.

Es ist ein erster Demonstrator realisiert. Dabei wurde eine knapp 25 Jahre alte Ölheizung gegen eine moderne Sole-Wasser-Wärmepumpe, in Verbindung mit einem entsprechend großen Pufferspeicher, ausgetauscht und ein iMSys inklusive Schaltbox installiert. Daran werden entsprechende Fahrpläne und die daraus resultierenden Änderungen im Netz erprobt und analysiert.



SMGW – Smart Meter Gateway
TLS – Transport Layer System
CLS – Controllable Local System

▲ Abbildung 2: Ablauf des Schalt- und Steuerungsprozesses.



◀ Abbildung 3: Eingebautes intelligentes Messsystem mit Steuerbox zur Steuerung einer Wärmepumpe beim Kunden.

7.000

„intelligente Messsysteme mit Steuerbox“ müssen mindestens bis 2035 installiert werden, um die 35 MW an Potenzial ansteuern zu können.

Wirtschaftliche und regulatorische Betrachtung des Demonstrators

In der Analyse der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zeigt sich, dass der Investitionsanreiz in eine Anlage wie den Demonstrator (Sole-Wasser-Wärmepumpe) aufgrund hoher Installations- und Anschaffungskosten aktuell noch gering ist. Alternative fossile Heizsysteme (vor allem Brennwerttechnik) sind aktuell kostengünstiger. Auch gegenwärtig verfügbare Förderinstrumente sind kaum ausreichend, um für diese Technologie einen Investitionsanreiz zu setzen.

Andere Wärmepumpensysteme (vor allem Luftwärmepumpen) haben jedoch geringere Anschaffungskosten und können in Kombination mit den bestehenden Fördermöglichkeiten bereits heute eine Alternative zu fossilen Heizsystemen darstellen.

Die Kosten für Strom sind aktuell im Vergleich zu fossilen Energieträgern ebenfalls zu hoch, um einen Wechsel zu Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen anzureizen. Dies wird wesentlich durch einen hohen Anteil regulierter Strompreisbestandteile verursacht (u. a. EEG-Umlage, Steuern, Netzentgelte etc.). Darüber hinaus ist das Tarifmodell aktuell zu starr ausgestaltet und bietet keinen wirtschaftlichen Anreiz für Letztverbraucher, auf die oben genannte volatile Erzeugungssituation flexibel zu reagieren.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // Zusammenspiel von Markt und Netz im regulierten Umfeld

Die Automatisierung der flexiblen Fahrpläne und die Einbindung des Netzleitsystems zur Erstellung der Fahrpläne liegt nun besonders im Fokus der WEMAG. Daneben wird auch der standardisierte Umgang mit den neuen iMSys erprobt. Auch an weiteren Demonstratoren und Pilotanlagen wird gearbeitet, um weitere Auswirkungen im Netz der WEMAG untersuchen zu können. Parallel dazu werden auch neue Marktmodelle und Tarife untersucht. Ziel ist es, diese so auszugestalten, dass der Letztverbraucher einen Anreiz zum Wechsel von einem Heizsystem mit fossilen Energieträgern hin zu einer strombetriebenen Wärmepumpe bekommt und das vorhandene PtH-Potenzial im WEMAG-Netzgebiet in Zukunft bestmöglich erschlossen werden kann.

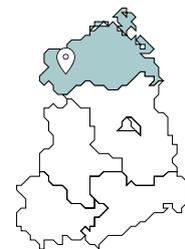
Begleitet werden diese Untersuchungen durch die Analyse des aktuellen regulatorischen Rahmens sowie die Definition politisch-regulatorischer Handlungsempfehlungen (u. a. zum § 14a EnWG). Darauf aufbauend kann auch die zukünftige Beziehung zwischen Bilanzkreisverantwortung und Lieferanten neu definiert und umgesetzt werden.

Neben den Demonstratoren befindet sich ein „besuchbarer Ort“ in der Planung. Dort sollen ein Zählerschrank inklusive neuer Steuerungstechnologie sowie eine Informationstafel installiert werden, um potenziellen Netzkunden die Handhabung der flexiblen Verbrauchseinrichtungen vorzustellen.



TAP
6.3a

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten identifizieren
Energiesystem digitalisieren



► Titel des Teilarbeitspakets

PtH-Anwendungen (Power-to-Heat) für dezentrale Kleinanlagen ...
Windspeicher statt Nachtspeicher

► Förderkennzeichen

03SIN544

► Partner des Projekts

► VERBUNDPARTNER
WEMAG Netz GmbH

► Kontakt

Tim Stieger
tim.stieger@wemag-netz.de
Obotritenring 40
19053 Schwerin

► Besuchbare Orte

Demonstrator zur Fernsteuerbarkeit für flexible Power-to-Heat-Verbrauchseinrichtungen
Informationszentrum des Biosphärenreservats Schaalsee
Wittenburger Chaussee 13
19246 Zarrentin am Schaalsee

► BESUCHERANFRAGEN AN

kontakt@wemag-netz.de



Weitere Infos unter
www.wemag-netz.de



▲ Besuchbarer Ort der Energiewende – die deutschlandweit erste PtH/PtC-Anlage befindet sich in der EUREF-Energiewerkstatt by GASAG Solution Plus.

CO₂-neutrale Quartiersversorgung im 21. Jahrhundert

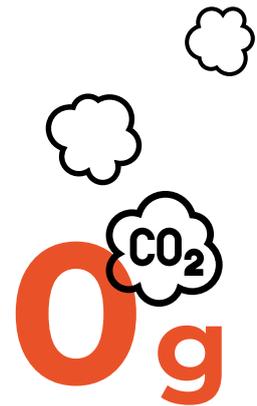
Eine Energiewende ohne Wärmewende wird es nicht geben. Darum haben wir die erste kombinierte Power-to-Heat/Power-to-Cold-Anlage (PtH/PtC-Anlage) Deutschlands in ein bestehendes Versorgungssystem integriert, welche überschüssigen Strom aus Wind- und Sonnenkraft in Wärme und Kälte wandelt. Eine intelligente, CO₂-neutrale, vollautomatische und wirtschaftliche Quartiersversorgung – das leistet die hochflexible EUREF-Energiewerkstatt by GASAG Solution Plus.

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Wirtschaftliche Quartiersversorgung bei CO₂-Neutralität**

In den vergangenen Jahren ist der Ausbau der erneuerbaren Energien im Stromsektor rasant vorgeschritten. Doch Experten sind sich einig – eine Energiewende ohne Wärmewende wird es nicht geben. Der thermische Energiebedarf im Gebäudesektor spielt eine entscheidende Rolle für Ausbau und Nutzung von erneuerbarem Wind- und Solarstrom. Das Stichwort lautet Sektorkopplung – Strom kann in thermische Energie gewandelt werden, welche dann in Speichern, Netzen und im Prinzip auch dezentral in Gebäuden gespeichert werden kann. Auf dem EUREF-Campus in Berlin-Schöneberg, einem Büroquartier mit vielen namhaften Firmen und aufstrebenden Start-ups, wird genau dieses Feld in WindNODE erprobt, denn dort kreuzt sich das Stromnetz mit unserem Nahwärme- und Nahkältenetz für das Quartier. Durch ein effizientes Zusammenspiel verschiedener Energiewandler und prognosebasierter Fahrweisen kann die Energieversorgung sogar heute schon klimaneutral und zu Preisen konventioneller Energiekonzepte erfolgen, wie wir in diesem Forschungsprojekt in der EUREF-Energiewerkstatt by GASAG Solution Plus zeigen konnten.

Für die Wärmeerzeugung stehen ein großes Biomethan-Blockheizkraftwerk (BHKW), zwei weitere Blockheizkraftwerke, zwei Niedertemperaturgaskessel für die Spitzenlast und ein Elektrokessel bereit. Durch die Vielzahl der Energiewandler haben wir die Möglichkeit, bei der Wärmeerzeugung verschiedene Anlagenzustände zwischen Stromerzeugung und -verbrauch anzuwählen. Für das Biomethan-BHKW in der Energiewerkstatt wird Biomethan der GASAG Bio-Erdgas Schwedt bilanziell aus dem Gasnetz entnommen. Die dadurch ermöglichte fixe EEG-Vergütung ist ein wichtiger Baustein für die wirtschaftliche und klimaschonende Energieversorgung des EUREF-Campus. Die Kälteversorgung erfolgt durch zwei mit Ökostrom betriebene Kältekompressionsmaschinen mit der Möglichkeit der Freikühlung, also der Einbindung kalter Außenluft für effizientere Kältebereitstellung. Das Besondere der Anlage ist das deutschlandweit erste PTH-/PtC-Speichersystem aus zwei Speichern mit einer Fassung von 22 m³, die hydraulisch so konzipiert sind, dass für jeden Speicher einzeln festgelegt werden kann, ob er mit Wärme oder mit Kälte beladen werden soll.

Diese Flexibilität und die Menge an Energiewandlern gibt uns die Möglichkeit, alle 15 Minuten immer wieder neu auf Basis von Markt- und Wetterprognosen die optimale Einsatzreihenfolge der Energiewandler festzulegen. Die Strommengen für den Betrieb der Kältekompressionsmaschinen können im Voraus am Day-Ahead-Markt beschafft werden, am Intraday-Markt besteht dann noch weiteres Optimierungspotenzial. Zusammen mit der Leibniz-Universität Hannover wurde hier auch erprobt, inwiefern man im Voraus bekannte Unsicherheiten in Prognosen in die Bewirtschaftung der Speicher einfließen lassen kann.



ist die Höhe der zertifizierten, bilanziellen CO₂-Emission der EUREF-Energiewerkstatt by GASAG Solution Plus.



verschiedene Machine-Learning-Techniken kommen bei der Prognosebildung zum Einsatz.

- Über 1.700 Gäste haben sich bereits in 2019 die eingesetzten Technologien an den acht Stationen der Energiezentrale multimedial erläutern lassen.





„Die dezentrale Energie-wende wird durch Sektorkopplung und Digitalisierung erst ermöglicht. Intelligente prognosebasiert ge-steuerte Energieanlagen wie dieser Leuchtturm und besuchbare Ort der Energiewende, die Flexi-bilitätspotenziale heben und zur Dekarbonisierung beitragen, werden die Zukunft der Energiewirt-schaft mitprägen.“

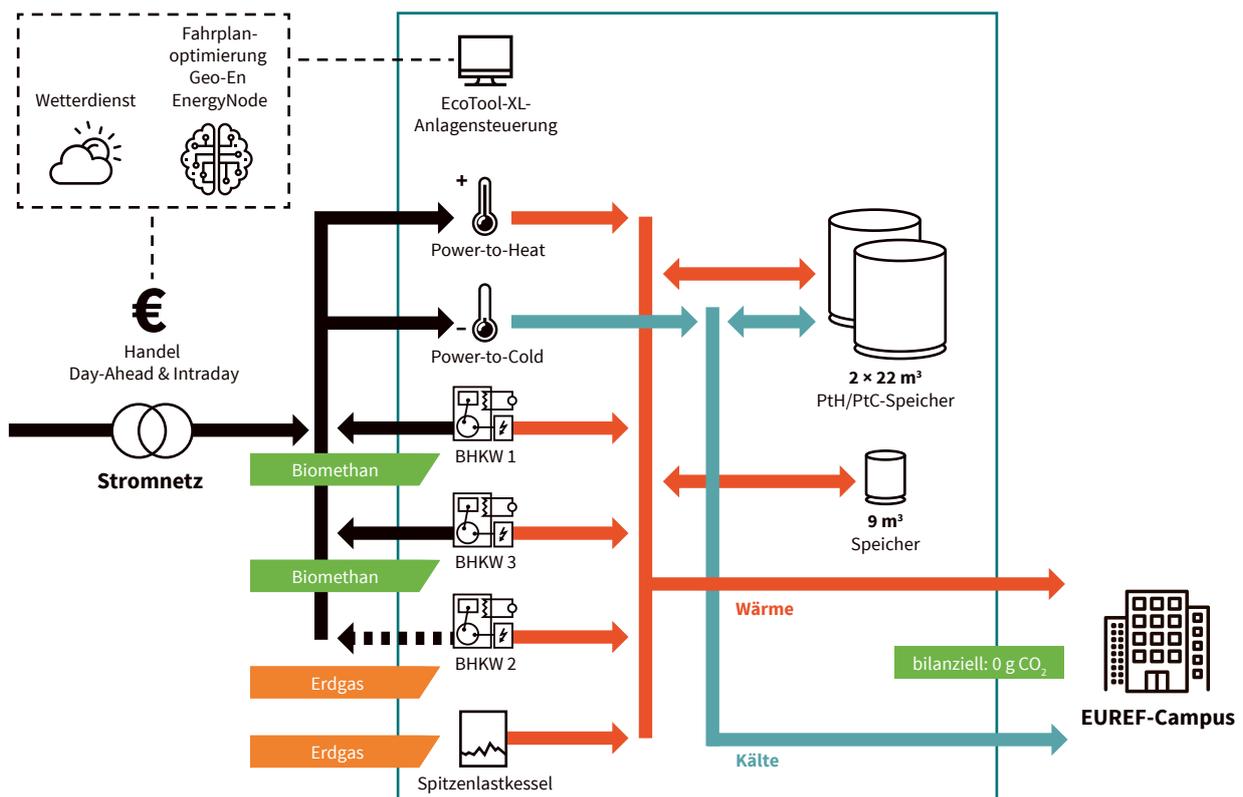
Gunnar Wilhelm
Geschäftsführer,
GASAG Solution Plus GmbH

▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Die Schlüssel des Projekts**

Unter allen bewältigten Herausforderungen dieses WindNODE-Teilarbeitspakets treten zwei Besonderheiten hervor. Zum einen ging es darum, eine Anlage zu konzipieren und zu bauen, die das Büroquartier EUREF-Campus CO₂-neutral und zu Preisen konventioneller Energiekonzepte mit Energie versorgen kann, und zum anderen darum, eine intelligente Steuerung der Aggregate mit Handelsanbindung zu konzipieren, Vollautomatisierung zu etablieren und Versorgungssicherheit im Betrieb zu garantieren. Aufgrund der großen Anzahl an Energiewandlern bestehen viele Prio-rierungsmöglichkeiten, die weiteres wirtschaftliches und klimabezogenes Optimierungspotenzial bieten. Es hat sich im Laufe der Projektzeit entgegen ursprünglichen Annahmen herausgestellt, dass es aus Optimierungssicht die meiste Zeit des Jahres von Vorteil ist, beide Speicher mit den Kältekompressionsanlagen mit Kälte zu beladen, da es aufgrund eines Rechenzentrums auf dem EUREF-Campus fast einen ständigen Kältebedarf über das Jahr gibt. Vom Regelenergiemarkt hatten wir uns – wie auch andere WindNODE-Partner mit PtH-Anlagen – bei Antragstellung vor ein paar Jahren mehr versprochen und fokussieren uns nun auf den Intraday-Markt.

Ein Schlüssel für das Projekt war die Beherrschung von Automatisierungstechnik über die gesamte Prozesskette – von der Datenentstehung am Sensor bis zur Automatisierung der Prognosebildung und Fahrplanoptimierung. Die übergeordnete intelligente Steuerung der Energieanlage mit allen Schnittstellenabstimmungen wurde innerhalb eines weiteren Forschungsprojekts (Förderkenn-zeichen 1137-B5-O) von der Geo-En Energy Technologies GmbH entwickelt, welche auch ein Unternehmen der GASAG-Gruppe ist. Innerhalb der IT-Lösung Geo-En | EnergyNode wird mit einem selbstlernenden Verfahren ein digitaler Fingerabdruck aller Verbraucher basierend auf historischen Mess- und Wetterdaten gebildet, welcher dann mithilfe aktueller Wetterprognosen eine Bedarfs- prognose ermöglicht. Zur Deckung der Bedarfe wird schließlich unter Berücksichtigung aktueller Marktdaten mit einem stochastischen Optimierungsalgorithmus ein möglichst idealer Fahrplan errechnet und auf die Steuerung übertragen.

▼ Prinzipskizze der EUREF-Energiewerkstatt by GASAG Solution Plus – alle wesentlichen Komponenten und ihre Vernetzung über Wärme-, Kälte-, Elektrizitäts- und Datenströme.





▲ Mit der Versorgung des 5,5 Hektar großen EUREF-Campus werden bereits jetzt die Klimaschutzziele der Bundesregierung für 2050 erreicht.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // Übertragung der Erkenntnisse

Die Idee hinter solchen Forschungsprojekten ist natürlich auch immer die Erprobung von Produkten für die Energieversorgung der Zukunft. Die EUREF-Energiewerkstatt by GASAG Solution Plus wird nach Ablauf der Projektlaufzeit weiter ein besuchbarer Ort der Energiewende bleiben und den EUREF-Campus CO₂-neutral versorgen. Am spannendsten waren dabei die tiefgehenden Einsichten in die Verwendung von Machine Learning und die wirtschaftliche Fahrweise von thermischen Wandlern im Bereich Sektorkopplung unter volatilen Marktbedingungen. Die Übertragung der gesammelten Erkenntnisse auf andere Projekte und Anwendungsfelder hat bereits begonnen. Wir gehen davon aus, dass die Strommarktpreise und auch die Preisvolatilität aufgrund von mehr erneuerbaren Energien im Energienetz weiter steigen werden, was zur weiteren Erhöhung der Wirtschaftlichkeit von flexiblen Anlagen dieser Art führen wird. Eine Senkung der hohen Letztverbraucherabgaben, die beim Strombezug zu entrichten sind, würde der Wirtschaftlichkeit von Projekten wie der EUREF-Energiewerkstatt by GASAG Solution Plus und damit auch indirekt einer CO₂-Minderung weiteren notwendigen Vorschub geben.

▷ WAS HEMMT DIE ENERGIEWENDE?

Für die flächendeckende Einbindung von mehr erneuerbaren Energien und Flexibilität fehlen noch weitere ökonomische Anreize. Grundvoraussetzung für die Steigerung nachfrageseitiger Flexibilität durch Verbraucher im Energiesystem ist die Orientierung an Strommarktpreisen.

Die notwendigen Preissignale im Strommarkt kommen bei den einfachen, nicht energieintensiven Verbrauchern allerdings bisher nicht an. Des Weiteren sind sie durch staatlich veranlasste, starre und regulierte Strompreisbestandteile überlagert, welche ungefähr drei Viertel des Gesamtstrompreises ausmachen. Eine Senkung und gegebenenfalls Flexibilisierung dieser Bestandteile könnten der flexiblen Nutzung von mehr erneuerbaren Energien Vorschub geben.



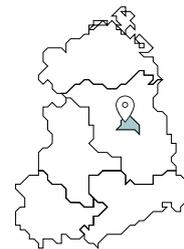
„Ein Schlüssel für das Projekt war die Beherrschung von Automatisierungstechnik über die gesamte Prozesskette – von der Datenentstehung am Sensor und dem Steuersignal bis hin zur automatisierten Kombination verschiedener Machine-Learning-Techniken für die Vorhersage von Wärme- und Kältelasten und darauffolgende Fahrplanoptimierung.“

Dr. Michael Rath
Projektleiter WindNODE,
GASAG Solution Plus GmbH



TAP
6.3c

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten identifizieren
Flexibilitäten aktivieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**
PtH-Anwendungen (Power-to-Heat)
für ... Versorgung des EUREF-Areals
mit kombinierter PtH/PtC

► **Förderkennzeichen**
03SIN515

► **Kontakt**
GASAG Solution Plus GmbH
T +49 30 78727872
solution@gasag.de

► **Besuchbare Orte**
EUREF-Energiewerkstatt
by GASAG Solution Plus
EUREF-Campus 1-25
10829 Berlin
Nach Anmeldung

▷ **BESUCHERANFRAGEN AN**
T +49 30 78727872
solution@gasag.de

Weitere Infos unter
www.energiewende-erleben.de
www.gasag-solution.de



▲ Ebene 1 der Power-to-Fernwärme-Anlage, Blick auf die Köpfe der Elektroden und eine Entleerungsgruppe.

Nutzen statt Abregeln – Wind- und Sonnenstrom in der Berliner Fernwärme- versorgung

Im Rahmen von WindNODE hat Vattenfall erforscht und praktisch erprobt, wie durch eine Power-to-Fernwärme-Anlage mit 120 MW am Standort des Heizkraftwerks Reuter West ab dem Jahr 2019 bis zu 30.000 Berliner Haushalte in den Wintermonaten und bis zu 300.000 Haushalte in den Sommermonaten mit Wind- und PV-Überschüssen aus dem Umland versorgt werden können. Damit trägt das Vorhaben dazu bei, fossile Energieträger im Bereich der Wärmeerzeugung sukzessive zu ersetzen. Die Integration von überschüssiger erneuerbarer Energie in die Fernwärmeversorgung mittels innovativen Demand Side Managements und koordinierter Netzengpassbewirtschaftung steht dabei im Mittelpunkt.

Power-to-Fernwärme (PtF) ist eine wichtige Schlüsseltechnologie bei der Integration von regenerativen Energien in das Berliner Fernwärmesystem. Mit der Realisierung der größten Power-to-Fernwärme-Anlage Europas setzt Vattenfall Wärme Berlin AG konsequent ihre Strategie um, bis zum Jahr 2030 vollständig aus der Steinkohlenutzung in der deutschen Hauptstadt auszusteigen. Gleichzeitig realisiert Vattenfall mit der Außerbetriebnahme des Steinkohleblocks Reuter C einen weiteren wichtigen Meilenstein aus der Klimaschutzvereinbarung mit dem Land Berlin.

Die PtF-Anlage am Standort Reuter West wird mit einer thermischen Leistung von 120 MW die größte Anlage ihrer Art in Europa sein. Sie kann während der Heizperiode Stadtwärme aus Strom für über 30.000 Berliner Haushalte erzeugen.

Mit der Inbetriebnahme der Power-to-Fernwärme-Anlage gewinnt Berlin einen entscheidenden Hebel zur Integration erneuerbarer Energie. Ist viel regenerativer Strom im Netz, nutzt ihn die Anlage zur Erzeugung umweltschonender Stadtwärme. Hierdurch lassen sich jährlich rund 5.000 Tonnen CO₂ vermeiden. Die erneuerbare Energie, die dafür abgenommen wird, entspricht rund 10 Prozent des gesamten Berliner Strombedarfs im Sommer – oder der Leistung von 750.000 Kühlschränken.

Durch die Inbetriebnahme der PtF-Anlage ist ein Hybridkraftwerk entstanden, das nicht nur regenerativen Strom zu „grüner Stadtwärme“ umwandelt, sondern darüber hinaus in der Lage ist, die so verdrängte konventionell erzeugte KWK-Wärme auch auf der Stromseite netzdienlich wirksam werden zu lassen, da durch das Drosseln der konventionellen KWK-Erzeugung auch weniger Strom in das Netz eingespeist wird.

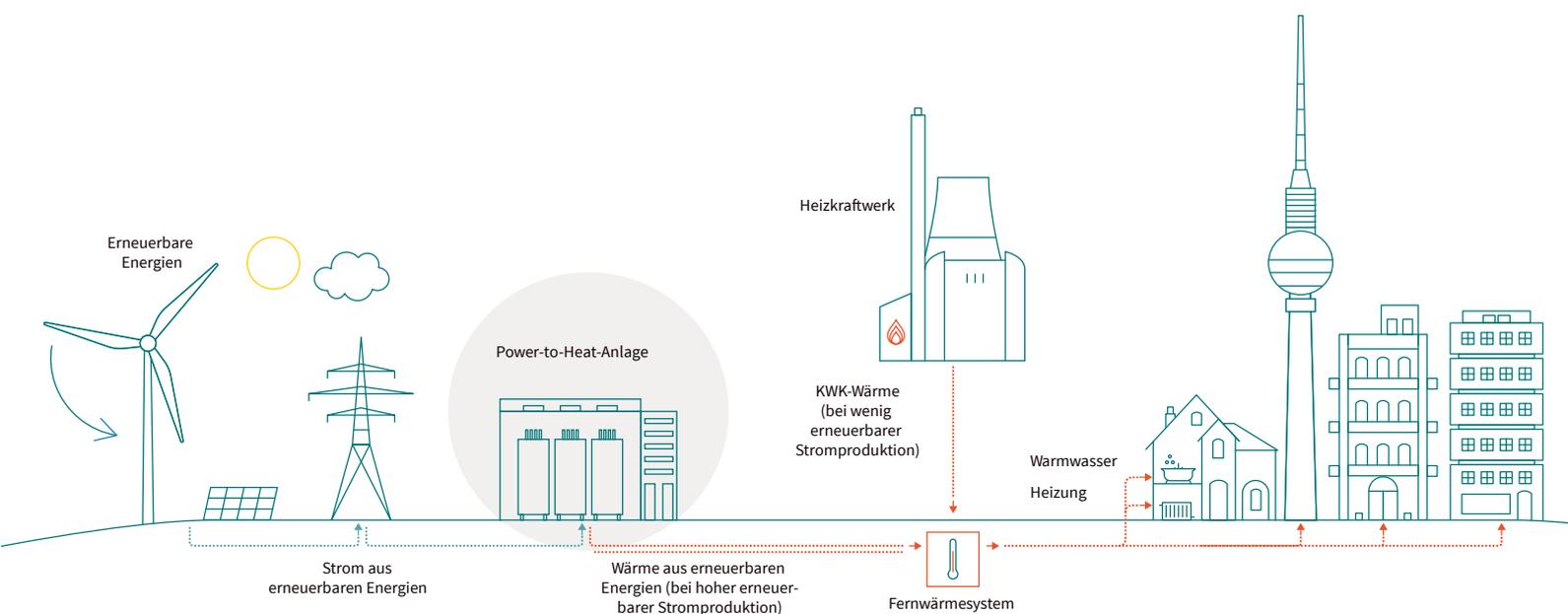
► HERAUFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Nur gemeinsam werden wir den CO₂-Fußabdruck reduzieren**

Die dünn besiedelten Bundesländer in Nordostdeutschland bieten hervorragende Bedingungen zur Produktion von regenerativ erzeugter Energie, sind jedoch immer weniger in der Lage, die größer werdenden Mengen erzeugten Stroms zeitgleich zu verbrauchen. Die Region Berlin dagegen verfügt über eines der größten Fernwärmenetze in der Europäischen Union und bietet hiermit ein großes Potenzial zur schnellen und kosteneffizienten Kopplung der Sektoren Strom und Wärme, um erneuerbare Energie in den Berliner Gebäudebestand zu bringen.



„WindNODE ist ein Gemeinschaftsprojekt zur Meisterung der Energiewende. Das ist schon der erste Erfolgsfaktor. Ein Mammutprojekt wie dieses schaffen wir nur zusammen! Die beteiligten Gestalterinnen und Gestalter der Zukunft handeln ganzheitlich: mithilfe der Digitalisierung verknüpfen sie die Sektoren Wärme, Stromerzeugung und Mobilität intelligent miteinander. Auch wir haben im Rahmen von WindNODE viel gelernt. Das ist für uns essenziell. Denn wir wollen es mit unserer Stadtwärme schaffen, dass die Kinder unserer Kinder gar keinen CO₂-Fußabdruck mehr hinterlassen, wenn sie die Heizung anstellen oder heiß duschen.“

Dr. Tanja Wielgoß
Vorstandsvorsitzende,
Vattenfall Wärme Berlin AG



► Schematische Darstellung der Funktionsweise einer Power-to-Fernwärme-Anlage.



„Der ‚größte Wasserkocher Europas‘ wandelt überschüssigen Grünstrom in Wärme um und ist damit ein wichtiger Teil des Wärmesektors in Berlin. Die Vattenfall Wärme Berlin AG unterstützt die Hauptstadt mit innovativen Wärmelösungen zum Erreichen der Klimaneutralität bis 2050 und bringt die Wärmewende in Berlin voran.“

Thomas Jänicke-Klingenberg
Senior Manager,
Vattenfall Wärme Berlin AG

Das vorliegende Power-to-Fernwärme-Vorhaben eröffnet der Metropolregion Berlin-Brandenburg die Möglichkeit, ein bedeutsamer Standort für Flexibilität und verschiebbare Lasten im Rahmen der Energiewende zu werden. Aufgrund der Anbindung an das Höchstspannungsnetz von 50 Hertz und der sehr günstigen fernwärmehydraulischen Bedingungen, die auf ein historisch gewachsenes vermaschtes Netz anstatt eines Strahlensystems zurückzuführen sind, bietet insbesondere der Standort Berlin ideale Voraussetzungen für die Förderung der politischen, medialen und öffentlichen Akzeptanz der Technologie Power-to-Fernwärme.

Diese Flexibilisierungsmaßnahme soll Überschüsse aus Erneuerbare-Energien-Anlagen in Nordostdeutschland in Fernwärme für den Berliner Gebäudebestand mit sowohl netz- als auch marktdienlichem Nutzen umwandeln. Die Attraktivität der Systemintegration durch Power-to-Fernwärme liegt für die vielen Verbraucher insbesondere darin, dass sie keine zusätzliche Haustechnik installieren oder ihr Verhalten ändern müssen, um die auf diesem Wege erneuerbar erzeugte Stadtwärme zu beziehen. Das erforderliche, smarte Demand Side Management findet vielmehr an der Schnittstelle zwischen Fernwärmeversorger und Stromnetzbetreiber statt.

Beim koordinierten Betrieb an der Schnittstelle zwischen Wärme- und Stromsektor sind dabei sowohl fernwärmehydraulische als auch stromnetzseitige Restriktionen zu beachten. Deswegen liegt im WindNODE-Beitrag der Vattenfall Wärme AG der Schwerpunkt in der technischen Analyse des Zusammenwirkens zwischen KWK- und Power-to-Fernwärme-Anlagen am selben Standort sowie der Ableitung daraus resultierender Möglichkeiten der Vermarktung und Bilanzierung.

▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Großes Potenzial für „grüne“ Stadtwärme**

Auf Basis der ersten Testergebnisse kann festgestellt werden, dass kleine Power-to-Fernwärme-Anlagen wie in Berlin-Buch binnen 10 Sekunden die volle Stromaufnahme realisieren und damit extrem schnell auch netzdienliche Systemdienstleistungen bereitstellen können, ehe Windkraftanlagen abgeregelt werden müssten.

Bei den großen Elektrodenboilern wäre eine Inbetriebnahme innerhalb von 15 Minuten denkbar. Beschränkend sind hier die maximalen Anlaufströme sowie die hydraulische Einspeisung der Wärme in das Fernwärmesystem, da im Gegenzug auch konventionelle Erzeugungsanlagen heruntergefahren werden müssen. Um eine Glättung der Einspeisung zu erhalten, plant die Vattenfall Wärme Berlin AG, einen 50.000 m² großen Warmwasserspeicher (max. 95 °C) am Standort Reuter West zu errichten.

Die Tests brachten die ernüchternde Erkenntnis, dass ein Gebot auf Basis der maximalen Anschlussleistung der Elektrodenboiler eine Erhöhung des Grundpreises für den Stromanschluss der Heizkraftwerke nach sich gezogen hätte. Da die Anlage am Verteilungsnetz angeschlossen ist, profitiert sie nicht im vollen Umfang von einem Nachteilsausgleich für die Netzentgelte gemäß SINTEG-V wie vergleichbare Anlagen am Übertragungsnetz. Daher wurden die Gebote auf der WindNODE-Flexibilitätsplattform immer so gewählt, dass die maximal im Vertrag vereinbarte Strombezugsmenge nicht überschritten werden konnte. Um die maximale Entlastung des Stromnetzes zu gewährleisten und „Nutzen statt Abregeln“ in Realität praktizieren zu können, wäre hier eine Änderung der regulatorischen Rahmenbedingungen zwingend erforderlich. Entsprechend müssten die Tatbestände einer Experimentierklausel weiter gefasst werden.

▼ Außenansicht der Power-to-Fernwärme-Anlage.





▲ Power-to-Fernwärme-Anlage wurde feierlich am 18. September 2019 in Betrieb genommen.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // **Die Erkenntnisse aus dem Projekt WindNODE werden einen wesentlichen Beitrag zur Dekarbonisierung der Stadtwärme leisten**

Power-to-Fernwärme als eine wesentliche Schlüsseltechnologie zur Dekarbonisierung des Wärmesektors kann schnelle netzdienliche Unterstützung für den Stromsektor erbringen. Um wirklich das Abregeln von regenerativen Stromerzeugern zu verhindern, wird es erforderlich werden, über alle Netzebenen, also Übertragungs- und Verteilungsnetz, hinweg zu wirken. Das heißt, dass bei Überlast im Übertragungsnetz an der Schnittstelle zum Verteilungsnetzbetreiber der Überschuss auch durchgeleitet werden kann, wenn ein entsprechender Verbraucher hier bereitsteht. Ein begrenzender Faktor für die Sektorkopplung sind die Netzkapazitäten und der regulatorische Rahmen.

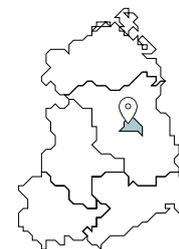
Trotz allem wird es erforderlich werden, einen Teil des Wärmesektors zu elektrifizieren, und zwar sowohl mit schnellen, netzdienlichen E-Boilern bzw. Elektrodenboilern wie auch durch grundlastfähige Wärmepumpen, die schwieriger zu regeln sind, dafür aber über eine deutlich bessere Energieeffizienz verfügen.

Die Vattenfall Wärme Berlin AG wird im Zuge des geplanten KWK-Steinkohleausstiegs bis 2030 sowohl weitere PtF-Anlagen planen und bauen als auch Großwärmepumpen beispielsweise auf Basis von Klärwasser zum Einsatz bringen.

Durch das Projekt WindNODE konnten wesentliche Erkenntnisse, aber auch Einschränkungen identifiziert werden, die es in der Zukunft zu nutzen bzw. zu überwinden gilt.



TAP
6.3d HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten identifizieren
Flexibilitäten aktivieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**
PtH-Anwendungen (Power-to-Heat) für ... Großmaßstäbliche Systemintegration von Power-to-Fernwärme in Berlin

► **Förderkennzeichen**
03SIN542

► **Partner des Projekts**
Vattenfall Wärme Berlin AG

► **Kontakt**
Thomas Jänicke-Klingenberg
T 030 26710314
waerme-kommunikation-berlin@vattenfall.de

► **Besuchbare Orte**
HKW Mitte (20 kW)
Hier kann per App-Steuerung die Netzdienlichkeit der Zukunft gezeigt werden.

Köpenicker Straße 59–73
10179 Berlin

HKW Buch (5 MW)
E-Boiler plus Speicher als Instrument zur Dekarbonisierung eines Inselnetzes

Schwanebecker Chaussee 11–15
13125 Berlin

HKW Reuter West (120 MW)
Größte PtH-Anlage in Deutschland
Großer Spreering 5
13599 Berlin

► **BESUCHERANFRAGEN AN**
waerme-kommunikation-berlin@vattenfall.de

Für die drei vorgenannten Standorte ist zur Besichtigung oder Führung eine vorherige Anmeldung zwingend erforderlich. Alle Kraftwerksstandorte sind für öffentlichen Publikumsverkehr geschlossen, und das Tragen von „Persönlicher Schutzausrüstung – PSA“ ist zwingend notwendig.

◉ **Weitere Infos unter**
www.vattenfall.de



Regenerativer Überschussstrom für klimaneutrale Fernwärme

Der Bau des Netzpufferspeichers ist ein Teil der sogenannten „Hennigsdorfer Wärmedrehscheibe“, einer längerfristig angelegten und wissenschaftlich begleiteten Strategie der Stadtwerke Hennigsdorf, ihre Fernwärmeversorgung zukünftig zu 80 Prozent auf klimaneutrale Erzeugung umzustellen. Überschussstrom aus dem Nordosten Deutschlands soll dabei für die Wärmeerzeugung nutzbar gemacht werden und dafür sorgen, dass die Stromnetze stabil bleiben.



„Mit dem Netzpufferspeicher schaffen wir eine beispielhafte Möglichkeit zur flexiblen Nutzung von sogenanntem Überschussstrom aus erneuerbaren Energiequellen. Ziel dabei ist, möglichst große Mengen erneuerbaren Stroms in das Energiesystem zu integrieren und die Stromnetze stabil zu halten.“

Thomas Bethke
Geschäftsführer,
Stadtwerke Hennigsdorf GmbH

Wärmespeicherung und Überschussstrom

Nach gut sechsmonatiger Bauzeit konnte der neue Netzpufferspeicher am Heizwerk Zentrum im Februar 2020 technisch abgenommen werden und in den Probetrieb gehen. Im zweiten Quartal 2020 hat der rund 1.000 m³ fassende Wärmespeicher seinen regulären Betrieb aufgenommen. Der 18 m hohe und im Durchmesser 10 m breite Wärmespeicher ist aus Stahl gefertigt und wiegt in etwa 100 t. Der Baufortschritt des Speichers kann seit August 2019 auf der Website der Stadtwerke Hennigsdorf nachverfolgt werden. An nachhaltiger Wärmeversorgung interessierte Besucherinnen und Besucher nutzten in den vergangenen Monaten im Rahmen von Baustellenfensterveranstaltungen die Gelegenheit, sich zum Speicherbau und zu dessen Einbindung in das Gesamtkonzept der „Wärmedrehscheibe“ sowie der Nutzung von Überschussstrom für die Fernwärmeerzeugung zu informieren.

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Energierechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen**

Die Nutzung von Überschussstrom aus volatilen Energiequellen wie Wind und Sonne ist neben der Nutzung industrieller Abwärme, der Wärmelastverschiebung durch Speicherausbau, der Gewinnung von Sonnenwärme und einer alles miteinander verbindenden Steuerungstechnik der Hennigsdorfer Ansatz,



80%

klimaneutral erzeugte Fernwärme

◀ Bild links: Baustart des Netzpufferspeichers und Inbetriebnahme des Baustellenfensters. Von links nach rechts: S. Saule (GF Wirtschaftsförderung Land Brandenburg), Bürgermeister T. Günther, Stadtwerke-Chef T. Bethke, J. Hangweirer (Kremsmüller Industrieanlagenbau).

Bild rechts: der Netzpufferspeicher im März 2020.

um den Anteil der regenerativen Wärmeversorgung in Hennigsdorf zu erhöhen. Die Errichtung einer Power-to-Heat-Anlage wird jedoch aufgrund der aktuellen energierechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zunächst zurückgestellt. Die im WindNODE-Projekt zu testenden Flexibilisierungspotenziale in der Größe von 1 MW konnten im praktischen Anlagenbetrieb mit einem Blockheizkraftwerk (BHKW) bereitgestellt werden. Mit der Inbetriebnahme des Netzpufferspeichers können zukünftig in Kombination mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und entsprechenden Marktsignalen die gewünschten Flexibilisierungsziele erreicht werden.

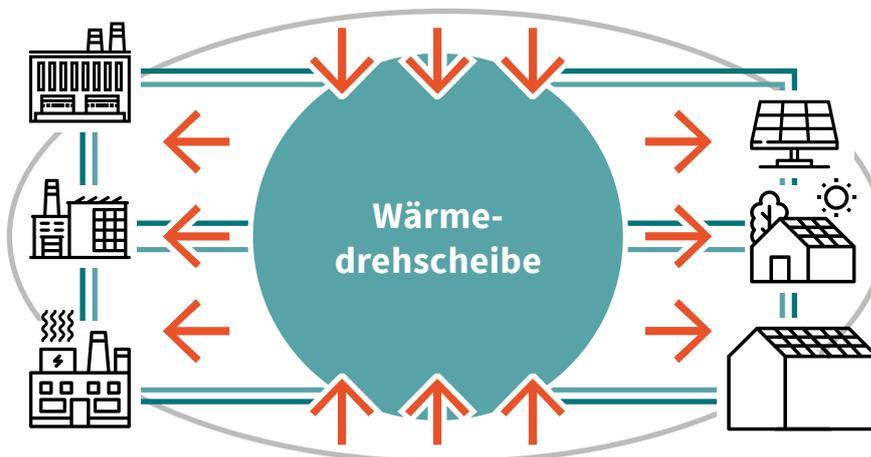
▷ PROJEKTERGEBNISSE // Flexibilisierungspotenzial für das Stromnetz

Im Projekt wurden die technischen Voraussetzungen geschaffen, durch den Ausbau der Wärmespeicherung und die Optimierung der Lastverschiebung im Wärmenetz Flexibilisierungspotenziale für das Stromnetz nutzbar zu machen und damit gleichzeitig den regenerativen Anteil der Wärmeerzeugung im Fernwärmenetz zu erhöhen.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // Sektorkopplung

Die Flexibilisierung im Wärmesektor schafft Potenziale für mehr Flexibilität im Stromsektor.

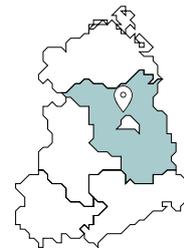
▼ Das multifunktionale Fernwärmenetz als Wärmedrehscheibe.



TAP
6.3e

HANDLUNGSFELD

Flexibilitäten identifizieren
Flexibilitäten aktivieren



► Titel des Teilarbeitspakets

PtH-Anwendungen (Power-to-Heat) für ... Industrieabwärme und PtH in der Fernwärmeversorgung zur Lastenflexibilisierung im Stromnetz

► Förderkennzeichen

03SIN534

► Partner des Projekts

▷ VERBUNDPARTNER

Stadtwerke Hennigsdorf GmbH

► Kontakt

Stadtwerke Hennigsdorf GmbH
T +49 3302 5440-0
info@swh-online.de

Gerd Bartsch
gerd.bartsch@ruppin-consult.de

► Besuchbare Orte

Netzpufferspeicher
Rathenaustraße 4
16761 Hennigsdorf

Nach Anmeldung

▷ BESUCHERANFRAGEN AN

T +49 3302 5440-0
info@swh-online.de



Weitere Infos unter
www.swh-online.de



Beteiligte Partner





154 – 173



Industrielle Lastverschiebe- potenziale

Industriebetriebe können durch die zeitliche Verlagerung ihrer Lasten nicht nur das Stromnetz unterstützen, sondern über die Vermarktung dieser Flexibilitäten auch Kosten sparen.

In diesem Arbeitspaket identifiziert WindNODE die technischen, prozessualen und betriebswirtschaftlichen Anforderungen für industrielle Lastverschiebung systematisch. Die notwendigen Schritte, um Flexibilitäten zu finden und in den Markt zu bringen, werden exemplarisch gezeigt und in Handlungsleitfäden festgehalten.



Das Arbeitspaket 7 wird von Andreas Hüttner (Siemens AG) ehrenamtlich koordiniert.



◀ Aufbau des Demonstrators in der E³-Forschungsfabrik „Ressourceneffiziente Produktion“.

Die Fabrik der Zukunft ist flexibel – auch energetisch!

Was bedeutet es, eine Fabrik zukunftsfähig zu gestalten und zu betreiben? Dazu gehört vieles – ein wesentlicher Bestandteil ist eine nachhaltige Energieversorgung. Das heißt konkret: Integration vor Ort erzeugter erneuerbarer Energie sowie energetische Flexibilität. Was ist dazu nötig? Ein aktives Energiemanagementsystem, das alle energetisch relevanten Systeme in der Fabrik berücksichtigt und alle Planungs- und Steuerungsebenen durchdringt.



„Was bedeutet Energiewende für die industrielle Produktion, welche Möglichkeiten zur Partizipation gibt es für Fabriken? Mit unserem WindNODE-Teilprojekt haben wir Ansätze erarbeitet, um diesen Herausforderungen begegnen zu können. Wir haben Chancen aufgezeigt und technische Lösungen für deren Nutzung in der ‚Fabrik der Zukunft‘ entwickelt.“

Mark Richter
Abteilungsleiter „Zukunftsfabrik“,
Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und
Umformtechnik IWU

▷ HERAUFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Fabriken müssen neu gedacht werden – auch energetisch**

Wie können Fabriken, deren Transparenz sich bis vor zehn Jahren auf ihre Energieabrechnung beschränkte, zukünftig wirtschaftlich erfolgreich an der Umgestaltung des Energiesystems partizipieren? Dazu müssen Flexibilitätspotenziale identifiziert und entsprechende Lösungen zu ihrer Nutzung umgesetzt werden. In einem ersten Schritt gilt es, die jeweiligen Prozessketten energetisch zu analysieren, um daraus genauere Prognosen des Energiebedarfs ableiten zu können. Im Projekt wurde unter Berücksichtigung verschiedener Stellhebel (z. B. Integration von vor Ort erzeugter erneuerbarer Energie sowie Energiespeichern; energiesensitive Produktionsplanung) ein aktives Gesamtenergiemanagement konzeptioniert und entwickelt. Dieses System orchestriert sämtliche energetisch relevanten Komponenten in der Fabrik: Energiequellen, -wandler, -speicher und -senken. Das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU bearbeitet mit dem Fokus auf diskrete Fertigungsprozesse damit einen Handlungsschwerpunkt für eine zukunftssichere Produktion in Deutschland.

▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Die Fabrik ist ein Smart Grid mit einem aktiven Energiemanagement**

Zunächst wurden elektroenergetische Ressourcen sowie prozessabhängige Besonderheiten der Demonstratorszenarien unter die Lupe genommen. Am Fraunhofer IWU wurde dafür eine Prozesskette zur Massivumformung von Antriebskomponenten für Pkw in der E³-Forschungsfabrik „Ressourceneffiziente Produktion“ analysiert. Beim Partner Karosseriewerke Dresden GmbH erfolgten Untersuchungen im Presswerk, beim Partner DECKEL MAHO Seebach GmbH wurde der Bereich der mechanischen Fertigung, welcher im Wesentlichen aus 22 spanenden Werkzeugmaschinen besteht, betrachtet.



flexible Last durch spanende Werkzeugmaschinen in Deutschland*

*Annahme: 50 % der spanenden Werkzeugmaschinen des produzierenden Gewerbes in Deutschlands lassen sich flexibilisieren.

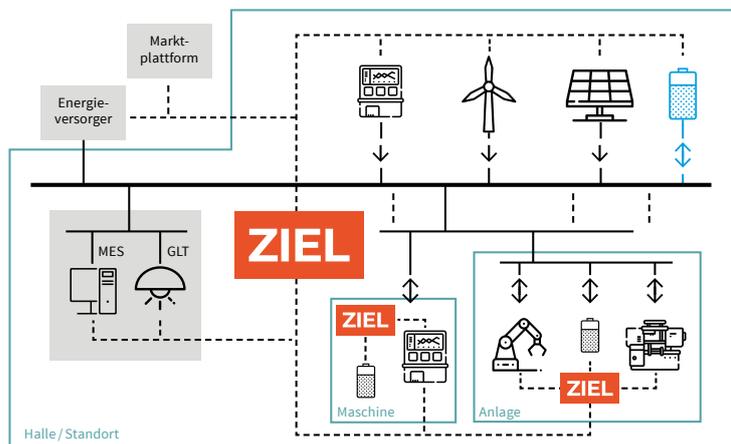
Sowohl bei DECKEL MAHO Seebach als auch in der E³-Forschungsfabrik wurden anschließend Maschinen, Anlagen, teilweise auch die Versorgungstechnik wie Blockheizkraftwerk, Photovoltaikanlage und Energiespeicher sowie deren steuerungstechnische und energetische Verknüpfung in Simulationsmodellen abgebildet. Die Simulationsmodelle wurden für die Konzeptionierung einer energiepreisorientierten Produktionsplanung/-steuerung genutzt und speziell bei DECKEL MAHO Seebach an konkreten Produktionsplänen erfolgreich verifiziert.

Darüber hinaus ermöglichen neu entwickelte Strategien und Algorithmen die aktive Steuerung von Energieflüssen zwischen Energiequellen, -senken und -speichern in Fabriken.

Hierfür wurde eine generische Schnittstelle entwickelt, mit deren Hilfe die energietechnischen Komponenten und die Komponenten der Produktionstechnik, Produktions- und Gebäudeinfrastruktur kommunizieren können. Das Gesamtsystem aus energiepreisorientierter Produktionsplanung/-steuerung und dem aktiven Energiemanagement ist das neuartige Zukunftsfähige Intelligente Energie- und Lastmanagement für Fabriken „ZIEL“ (Abbildung 1).

► FAZIT UND AUSBLICK // Ein erprobtes, aktives Energiemanagement für Fabriken steht bereit

Der Fokus ist auf die Fertigstellung des Demonstrators gerichtet. Die finale Implementierungs- und Roll-outphase hat begonnen. Hierfür werden derzeit alle relevanten Komponenten an das ZIEL-System angebunden. Es erfolgt die Implementierung und Validierung der Steuerungs-, Planungs- und Prognosestrategien, um diese im Anschluss in das modulare und flexibel erweiterbare Softwareframework zu integrieren. Parallel wird das neuartige Fabrik-Dashboard „FactoryView“ für die interne Visualisierung und Steuerung der Fabrik und ebenso mit der Möglichkeit der Kommunikation auch nach außen (Energimarktplattformen) umgesetzt. Als Ergebnis steht die Demonstration eines völlig neuartigen und aktiven Energiemanagements für Fabriken.

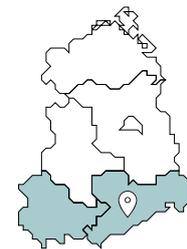


▲ Abbildung 1: Das Zukunftsfähige Intelligente Energie- und Lastmanagement für Fabriken.



TAP
7.1

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten identifizieren
Energiesystem digitalisieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**
„ZIEL“ – Algorithmen und Methoden für ein zukunftsfähiges intelligentes Energie- und Lastmanagement

► **Förderkennzeichen**
03SIN514

► **Partner des Projekts**

► **VERBUNDPARTNER**

DECKEL MAHO Seebach GmbH
Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU
Karosseriewerke Dresden GmbH

► **UNTERAUFTRAGNEHMER**

Vereinigung Deutscher Wissenschaftler, Initiative „Meine Energie für meine Stadt“

► **Kontakt**

Mark Richter
T +49 371 5397-1103
mark.richter@iwu.fraunhofer.de

► **Besuchbare Orte**

E³-Forschungsfabrik
Ressourceneffiziente Produktion
Reichenhainer Straße 88
09126 Chemnitz
Nach Absprache

► **BESUCHERANFRAGEN AN**

info@iwu.fraunhofer.de



Weitere Infos unter
www.iwu.fraunhofer.de



▲ Besuchbarer Ort ZUKUNFTSRAUMENERGIE in der Siemensstadt Berlin.

Flexible Prozesse in der Industrieproduktion als funktionaler Energiespeicher

Industrielle Lasten können dank Automatisierung und Digitalisierung über einige Stunden Flexibilität bereitstellen, ohne dabei signifikante Energie- und Exergieverluste oder zusätzlichen Bedarf an wertvollen Ressourcen zu verursachen. Wichtig für die Verbreitung ist, dass der Wert der Nachfrageflexibilität steigt, vor allem durch einen höheren Anteil volatiler erneuerbarer Energien im Stromsystem und ein flexibilitätsförderndes Abgaben- und Umlagensystem.

1%

Wenn wir nur 1 Prozent des in der Industrie genutzten Stroms in Deutschland flexibilisieren, erreichen wir denselben Effekt wie 53 Millionen Ladevorgänge von Elektrofahrzeugen.

Die ermittelten Flexibilitätszeiträume für die Startzeiten von Produktionsprozessen liegen zwischen 10 Minuten und 10 Stunden.

10

200

Mehr als 200 Messstellen sind in den Berliner Siemens-Werken installiert und online.

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Transparenz schaffen**

In der Industrie wurden im Jahr 2018 ca. 226 TWh oder ca. 44 Prozent der in Deutschland benötigten Elektrizität genutzt. Um dieses Potenzial vermehrt für die Integration von volatilen erneuerbarem Strom zu nutzen, hat Siemens im WindNODE-Teilarbeitspaket 7.2 das Ziel, ein industrielles Lastmanagement zu entwickeln und exemplarisch am Standort Berlin aufzubauen. Zu Projektbeginn hat die Produktionsplanung kaum Strommarkt- und netzdienliche Aspekte berücksichtigt. Zudem war die Transparenz des Energiebezuges einzelner Produktionsanlagen nicht gegeben.

► PROJEKTERGEBNISSE // **Energiemanagement, Optimierung und Webapplikation vereint**

In WindNODE wurde als grundlegendes System für eine Bewirtschaftung der Flexibilitäten ein cloudbasiertes Energiemanagementsystem basierend auf dem Netzleitsystem Spectrum Power 5 mit über 200 Messpunkten im Berliner Dynamo-, Gasturbinen-, Schalt- und Messgerätewerk realisiert. Mithilfe der nun transparenten Lastprofile und der Erfahrung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in



„In WindNODE haben wir gezeigt, dass industrielles Lastmanagement maßgeblich zur besseren Integration von Windkraft und Photovoltaik beitragen kann. Automatisierung und Digitalisierung schaffen die technische Grundlage dafür. Nun bedarf es eines flexibilitätsfördernden Abgaben- und Umlagensystems für Strom und eines zügigen Ausbaus erneuerbarer Energien, um die CO₂-Bilanz in Deutschland zu verbessern.“

Ute Redecker

Business Unit Manager Digital Grid Deutschland,
Siemens AG

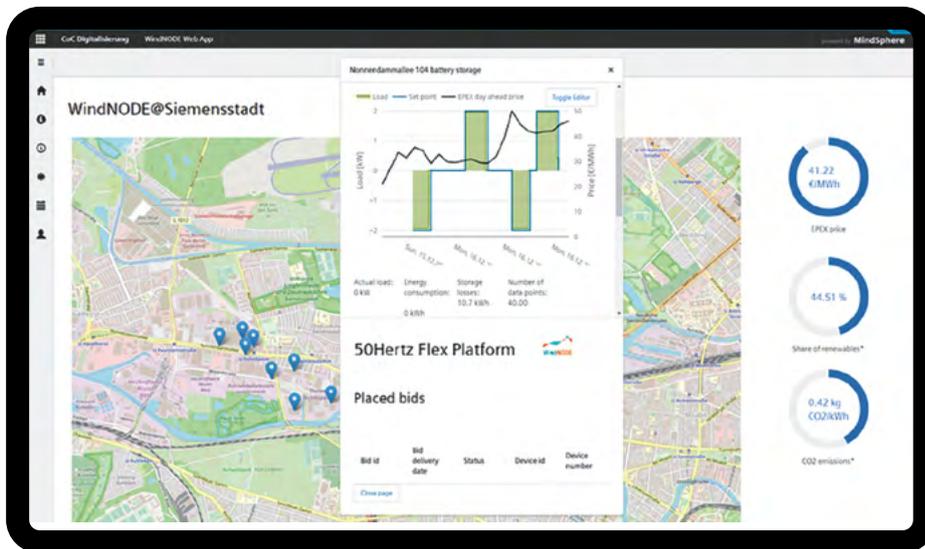
Dr. Frank Büchner

Leiter Transmission Products & Systems Central
Europe, Siemens Energy Global GmbH & Co. KG

der Produktion wurden theoretisch flexible elektrische Lasten mit einer Leistung von ca. 20 MW gefunden, welche jedoch durch die Einschränkungen der Produktionsprozesse nicht voll genutzt werden können. In der Umsetzung konnten für mehr als drei Produktionsprozesse wie z. B. Brennöfen und Prüfstände, aber auch produktionsbegleitende Anlagen wie elektrische Förderfahrzeuge und Lüftungsanlagen mit insgesamt mehr als 2 MW elektrischer Leistung Flexibilitätskonzepte entwickelt und umgesetzt werden. Die Unterteilung in verschiedene „Flexibilitätsebenen“, angefangen von der fixen Zeitpunktverschiebung bis zur vollautomatisierten Optimierung, ermöglicht die Hebung von Flexibilität im Einklang mit den Möglichkeiten des Produktionsprozesses. Konkret eignet sich eine Startzeitverschiebung u. a. für die Flexibilisierung von Sinteröfen zur Fertigung von hitzebeständigen Keramikplatten für Gasturbinen.

Für die einfache Anwendbarkeit wurde mit „WindNODE Web“ (Bild unten) eine benutzerfreundliche MindSphere-App zur Flexibilitätserfassung und Einsatzplanung entwickelt. Eine Verbindung zur WindNODE-Flexibilitätsplattform aus dem Teilarbeitspaket 1.2 (siehe S. 66) zur Netzengpassbewirtschaftung im Closed-Loop-Betrieb wurde erfolgreich aufgebaut und getestet.

Mit dem **ZUKUNFTSRAUMENERGIE** hat Siemens einen interaktiven Showroom eröffnet, in dem Interessenten das industrielle Lastmanagement u. a. im Szenario „Energietetris“ (Bild links oben) kennenlernen können.



▲ Eingabe der Flexibilität von geplanten Produktionsprozessen in WindNODE Web.

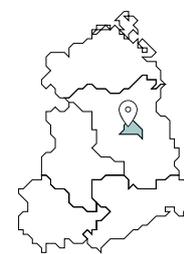
▷ FAZIT UND AUSBLICK // **Energie im Unternehmen ganzheitlich denken**

Flexible Lasten sollten für unterschiedliche energiemarkt- und netzdienliche Anwendungen eingesetzt werden. Die notwendige Infrastruktur, wie Messgeräte und Energiemanagementsystem, sollte zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit auch für weitere Anwendungen genutzt werden, wie z. B. die Anlagenüberwachung oder zur Analyse der Verbrauchsdaten im Sinne der Zertifizierung nach ISO 50001. Um die volatile Erzeugung von Photovoltaik und Windkraft möglichst verlustarm und ressourcenschonend durch Flexibilität in der Stromnachfrage zu bewerkstelligen, muss das Abgaben- und Umlagensystem auf Strom zielgerichtete Anreize schaffen.



TAP
7.2

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten identifizieren
Flexibilitäten aktivieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**

Intelligentes industrielles
Lastmanagement in Berlin

► **Förderkennzeichen**

03SIN529

► **Partner des Projekts**

▷ **VERBUNDPARTNER**
Siemens AG

▷ **UNTERAUFTRAGNEHMER**

Vereinigung Deutscher
Wissenschaftler, Initiative
„Meine Energie für meine Stadt“

► **Kontakt**

Siemens AG
Andreas Hüttner
T +49 174 1550832
huettner.andreas@siemens.com

► **Besuchbare Orte**

ZUKUNFTSRAUMENERGIE
Rohrdamm 85
13629 Berlin
Nach Anmeldung

▷ **BESUCHERANFRAGEN AN**

windnode.em.de@siemens.com



Weitere Infos unter

<https://new.siemens.com/de/de/unternehmen/themenfelder/nachhaltige-energie/zukunftsraumenergie.html>



▲ Sektorübergreifende Überwachung, Optimierung und Steuerung im Industry Energy Hub VDTC.

Werkzeugkasten und Verkaufsstand für industrielle Flexibilität

Wie wird der Wert von Flexibilität beziffert? Indem man das verfügbare Angebot mit der Bedarfsseite abgleicht. Das Fraunhofer IFF in Magdeburg identifizierte im Rahmen von WindNODE die Flexibilitätseigenschaften industrieller Nutztechnologien hinsichtlich der Bedürfnisse des Energiesystems. Dazu analysierte, optimierte und demonstrierte es deren aktuelles und prospektives Vermarktungs- und Einsparpotenzial vor dem Hintergrund der Energiewende.



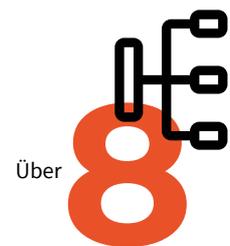
„Das gesteigerte Bewusstsein der Kunden springt immer mehr auf die Anbieter über und findet so auch seinen Weg in die industriellen Prozesse. Der Ruf nach ‚grünen‘ Produkten und Dienstleistungen wird zunehmend lauter. Einzelne Zulieferbetriebe in der Automobilbranche sind bereits verpflichtet, CO₂-Obergrenzen ihrer Teile einzuhalten. Lastflexibilität ist vor diesem Hintergrund ein wichtiger Baustein, um regenerative Energien optimal zu integrieren und das Konzept ‚Net Zero Energy Factory‘ mittel- bis langfristig zu etablieren.“

Dr.-Ing. Pio Lombardi
Konvergente Infrastrukturen,
Fraunhofer IFF

▷ HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Flexibilitätsangebot und -nachfrage zusammenbringen**

„Flexibilität ist kein Einkaufskriterium“ – gemäß diesem Leitsatz findet nach aktuellen Gegebenheiten der Energieeinkauf in Unternehmen statt. Zurzeit bestimmen maßgeblich die Prozesse der Netzengpassbewirtschaftung die am Markt handelbaren Produkte. Netzdienliches Verhalten zur Integration erneuerbarer Energien aus Wind und Photovoltaik ist aufgrund fehlender monetärer Anreize nur bedingt berücksichtigt. Zwar stellen beispielsweise der Regelleistungsmarkt und abschaltbare Lasten mächtige Werkzeuge des Netzbetreibers zur Stabilisierung des Energiesystems dar, jedoch behindern die z. T. hohen Zugangsbarrieren eine breite Beteiligung potenzieller Anbieter.

Entscheidend für die Nutzbarmachung von Flexibilität ist folglich der Abgleich einer angemessenen Integrationsebene aufseiten des Anschlussnehmers mit den bedarfsseitigen Anforderungen und Preisvorstellungen von Markt und Netz. Wie weit ist also ein Eingriff in die internen Prozesse eines Unternehmens notwendig, um die Herausforderungen einer nachhaltigen Integration erneuerbarer Energien zu bestehen?

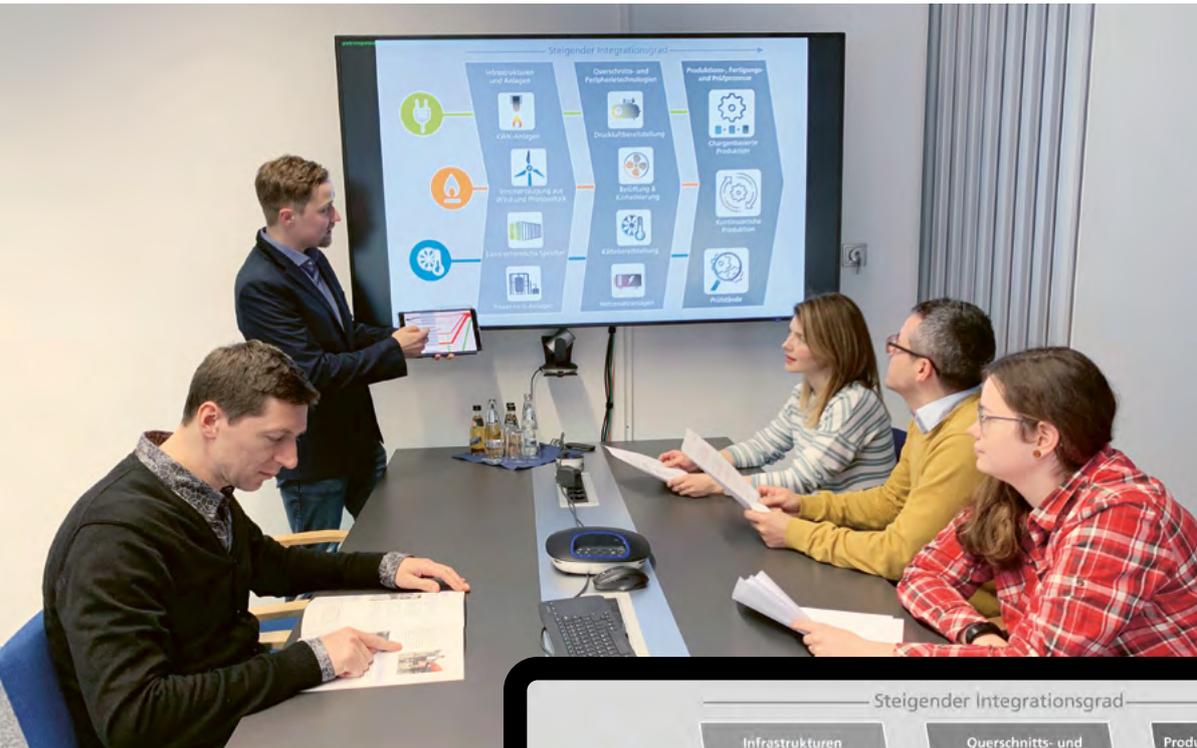


Über

Geschäftsmodelle und Einsparoptionen durch Lastflexibilität sind nach aktuell geltendem Recht möglich.



► Visualisierung und Aufbereitung von Verbrauchswerten durch das entwickelte Cross-dynamic Energy Management System XDEMS.



► Schulung und Wissenstransfer am Fraunhofer IFF – die Komplexität für Identifikation, Modellierung und Nutzbarmachung industrieller Flexibilität steigt mit zunehmendem Integrationsgrad.



3

Integrations Ebenen zur Identifizierung, Modellierung und Nutzbarmachung von Flexibilitäts Optionen

- 1 Infrastrukturen und Anlagen
- 2 Querschnitts- und Peripherietechnologien
- 3 Produktions-, Fertigungs- und Prüfprozesse

► PROJEKTERGEBNISSE // **Enzyklopädie, Makler und Werkzeugkasten für industrielle Flexibilität**

Die im Rahmen von WindNODE ausgearbeitete Studie zu industrieller Flexibilität behandelt im Kern drei Komplexe. Teil 1 analysiert das allgemeine Technologieportfolio hinsichtlich der Fähigkeiten zur Last- und Erzeugungsflexibilität, darunter beispielsweise BHKW, Netzersatz-, Belüftungsanlagen und unterschiedliche Prozesstypen. Durch Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile einer Flexibilisierung wird dargelegt, mit welchem organisatorischen, finanziellen und technischen Aufwand Flexibilität durch vorhandene Anlagen generiert werden kann.

In Teil 2 wird aufgezeigt, welche Möglichkeiten zur Beschreibung, Mitteilung und Kommunikation technischer Eigenschaften zwischen Angebots- und Nachfrageseite bestehen. Durch verschiedene mathematische Modellierungsansätze wird so das Verständnis zur Generierung von (finanziellem) Wert aus technischen Eigenschaften gesteigert. Die Überführung in verschiedene Einsparanwendungen und Geschäftsmodelle beinhaltet Teil 3. Zunächst wird durch eine Beschreibung des deutschen Strommarktdesigns und der relevanten Akteure ein Überblick über die Wirkungsweise eines entkoppelten liberalen Strommarktes gegeben. Anschließend werden vorhandene Mechanismen wie der Regelenergiemarkt und die Strombörse, aber auch Einsparoptionen durch

atypische Netznutzung detailliert beschrieben. Mithilfe des Business Model Canvas sind u. a. Wertangebot, Kostenstruktur, Aktivitäten und Ressourcen jedes Anwendungsfalls verdeutlicht. In einem letzten Schritt werden prospektive Vermarktungsoptionen unter geänderten Regularien vorgeschlagen.

Der betriebliche Schwerpunkt wurde in Form des Industry Energy Hubs praktisch realisiert. Das Virtual Development and Training Centre (VDTC) repräsentiert dabei eine industrielle Infrastruktur. In einem kleinskalierten Maßstab wirken steuerbare und nicht steuerbare Lasten, eine regenerative Erzeugungsanlage, ein lithiumbasierter Speicher, eine Wasserstoff-Elektrolyseanlage und diverse Elektrofahrzeuge als Pendant zu realen Energiesystemen. Durch die adaptierte Überwachungs- und Steuerungssoftware XDEMS konnte der Komplex gesamtheitlich überwacht, optimiert und gesteuert werden. Dies beinhaltet vor allem die Prognose von Verbrauchs- und Erzeugungsanlagen. Die entwickelten Betriebsstrategien genügen den Anforderungen einer Net Zero Energy Factory.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // Potenzial ist vorhanden, Anreize fehlen

Innerhalb des industriellen Flexibilitätsportfolios gibt es zahlreiche Technologien und Maßnahmen mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen. Die Identifizierung, Modellierung und Nutzbarmachung von standortspezifischer Flexibilität ist jedoch in höchstem Maß individuell und betrifft eine Vielzahl unterschiedlicher Stakeholder. Wenn beispielsweise nur 1 Prozent des für mechanische Nutzenergie aufgewendeten Stroms in der Industrie durch die aufgezeigten Technologien flexibel und koordiniert einsetzbar gemacht wird, können bis zu 10 Prozent der abgeregelten Redispatchmengen eingespart werden (ca. 10 TWh in 2018). Die Flexibilisierbarkeit ist damit ein wesentlicher Baustein zur Realisierung der Energiewende und zur nachhaltigen Integration von erneuerbaren Energien. Wechselwirkungen mit anderen Entwicklungspfaden müssen deshalb weiter untersucht werden.



„Das klassische Commodity Business der Energiewirtschaft zur Versorgung industrieller Anschlussnehmer gerät mehr und mehr in den Hintergrund. Flexibilität, Zuverlässigkeit und Nachhaltigkeit – das sind die neuen Werte, die in den Energieeinkauf in Unternehmen Einzug halten. So hat Fridays for Future auch in der Industrielandschaft seine Spuren hinterlassen. Lässt man sich als Unternehmer auf diesen Pfad ein, wird man nicht daran vorbeikommen, einzusehen, dass Nachhaltigkeit und Verantwortungsbewusstsein auch etwas kosten.“

Prof. Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki
Leiter Konvergente Infrastrukturen,
Fraunhofer IFF

▷ WAS HEMMT DIE ENERGIEWENDE?

Als wesentlich erschwerend für volkswirtschaftlich optimale Lösungen eines Energiemarktes, der die bestmögliche Integration und Verwertung regenerativer Energie vorantreibt, wirken vor allem historisch gewachsene Marktpositionen sowie hohe Eintrittsbarrieren für neue und kleinere Akteure. Technische Voraussetzungen für ein transparentes und diskriminierungsfreies Angebots- und Nachfragesystem können beispielsweise durch Distributed-Ledger-Technologien (z. B. Blockchain) und cloudbasierte Dienste erfüllt werden. Dennoch lassen häufig eingefahrene Mechanismen innovative Entwicklungen nicht zu.



TAP
7.3

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten identifizieren
Energiesystem digitalisieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**
Lastverschiebepotenziale in der energieintensiven Industrie

► **Förderkennzeichen**
03SIN514

► **Partner des Projekts**

▷ **VERBUNDPARTNER**
Fraunhofer-Institut für
Fabrikbetrieb und
-automatisierung IFF

▷ **ASSOZIIERTE PARTNER**
InfraLeuna GmbH
Zentrum für Regenerative
Energien Sachsen-Anhalt e. V.

▷ **UNTERAUFTRAGNEHMER**
Otto-von-Guericke-Universität
Magdeburg

► **Kontakt**
Dr.-Ing. Marc Richter
T +49 391 4090374
marc.richter@iff.fraunhofer.de

► **Besuchbare Orte**
Industry Energy Hub VDTC
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 1
39106 Magdeburg
Nach Anmeldung,
werktags 9–16 Uhr

▷ **BESUCHERANFRAGEN AN**
ideen@iff.fraunhofer.de



Weitere Infos unter
www.iff.fraunhofer.de



▲ Flexibilitäten als Geschäftsmodell.

Marktintegration nachfrageseitiger Flexibilitäten

Ziel unseres Arbeitspakets war es, kosteneffiziente Lösungen für die Marktintegration industrieller und gewerblicher Flexibilitäten zu entwickeln: Dabei haben wir auf die Erweiterung der etablierten Systeme zum Energiecontrolling gesetzt, um teure Doppelentwicklungen zu vermeiden und den Markthochlauf bestmöglich zu erleichtern.



„Reallabor bedeutet für uns, innovative Partner zusammenzubringen, um gemeinsam etwas Neues zu schaffen.“

Arne Grein
Head of Energy Markets,
ÖKOTEC Energiemanagement GmbH

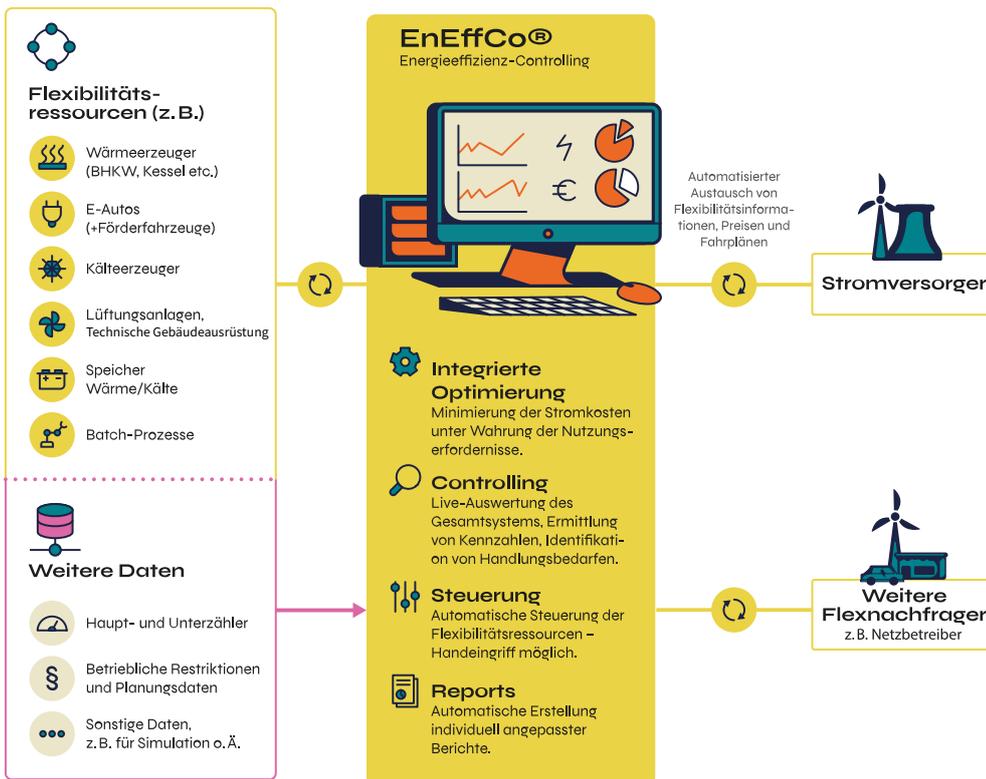
► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Kosteneffizienz als Schlüssel**

Industrieunternehmen verfügen aufgrund betrieblicher und häufig auch gesetzlicher Anforderungen über ein etabliertes Energiecontrolling und eine bestehende Datenerfassungsinfrastruktur. Das Ziel war es, das bestehende Leit- und Controllingssystem kosteneffizient so zu ergänzen, dass eine systemische Schnittstelle geschaffen wird, die sowohl in der Mess- und Steuerebene des industriellen Standorts agiert als auch über die notwendigen Algorithmen und Prozesse verfügt, um Flexibilitäten marktgerecht zu bewerten und auf Vermarktungsplattformen in die relevanten Energiemärkte einzubinden.

ÖKOTEC hat das Konzept einer technischen Schnittstelle zur automatisierten Flexibilitätsbewertung und -steuerung entwickelt und die Verfahren pilothaft an industriellen Standorten demonstriert. Es wurden innovative Methoden zur Prognose und dynamischen Analyse der Verfügbarkeit flexibler Anlagen entwickelt, die als Grundlage zur markt-, netz- und systemoptimalen dynamischen Fahrweise im Sinne einer effizienten Energieversorgung dienen.

Industrielle Standorte wurden so in die Lage versetzt, die Verfügbarkeit für Flexibilitäten mit allen relevanten Daten vor Ort automatisiert zu berechnen, Vermarktungsinformationen den Marktpartnern oder Netzbetreibern bereitzustellen sowie bei Markteinsatz effiziente und optimierte Fahrpläne in individuelle Anlagensteuersignale zurückzutransformieren und an die Steuerungen der jeweiligen flexiblen Anlagen zu übertragen.

EnEffCo® zur integrierten Optimierung von Flexibilitätsressourcen



▲ Entscheidend für die Marktintegration industrieller Flexibilitäten ist eine leistungsfähige Schnittstelle zwischen den Anlagen am Standort und dem Vermarktungsdienstleister.

▷ **PROJEKTERGEBNISSE // Erfolg durch Kooperationen**

Neben der Entwicklung von konkreten Programmbausteinen unseres erfolgreichen und weitverbreiteten Energieeffizienz-Controlling-Systems EnEffCo® haben wir im Rahmen von WindNODE konkrete Anwendungsfälle analysiert und so vorbereitet, dass eine Umsetzung erfolgen kann bzw. auch schon erfolgt. Detaillierte Untersuchungen von Anwendungsfällen wurden im Bereich Wasserversorgung und -entsorgung, Lebensmitteleinzelhandel, Getränkeindustrie, Abfallentsorgung, kommunale Wärmenetze und ÖPNV analysiert. Dabei haben sich in vielen Fällen kommerziell interessante Perspektiven ergeben. Zusammen mit der BSR wurde eine pilothafte Umsetzung einer intelligenten Ladung von E-Fahrzeugen realisiert. In einem gemeinsamen Folgeprojekt wird diese Lösung nun auf weitere Standorte ausgeweitet. Ferner ist es gelungen, mit mehreren Energieversorgern flexible Stromlieferverträge zu konzipieren und umzusetzen.

▷ **FAZIT UND AUSBLICK // Weitere Standardisierung in konkreten Anwendungen**

Für die Zeit nach WindNODE planen wir die Weiterentwicklung der Verfahren. Hier liegt der Fokus auf der stärkeren Modularisierung und Standardisierung der Softwarebausteine, sodass die Kosten für die Hebung von Flexibilitätspotenzialen weiter sinken, und auf der Erprobung konkreter Geschäfts- und Abrechnungsmodelle von und mit Energieversorgern. Zudem wird die Analyse und Anbindung weiterer Industrie- und Gewerbesektoren erfolgen.



TAP 7.4

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten identifizieren
Flexibilitäten aktivieren
Energiesystem digitalisieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**
Marktintegration industrieller Flexibilitäten per Schnittstelle zwischen Energiecontrolling und Vermarktungsplattformen

► **Förderkennzeichen**
03SIN522

► **Partner des Projekts**
▷ **VERBUNDPARTNER**
ÖKOTEC Energiemanagement GmbH

► **Kontakt**
Arne Grein
T +49 (30) 536397 – 49
a.grein@oekotec.de

◉ **Weitere Infos unter**
www.oekotec.de/de/flexibilitaetsmanagement/

Simulationen haben ein Einsparpotenzial von bis zu

70%

– bezogen auf den Großhandelsstrompreis – ergeben.





▲ Luftaufnahme des Klärwerks Schönerlinde der Berliner Wasserbetriebe.

Innovatives Lastmanagement für klimafreundliche Klär- und Wasserwerke

Standortabhängig werden Flexibilitäten durch innovative Lastmanagementsysteme sowie vorhandene Speicherkapazitäten in Verbindung mit erneuerbaren Energien nutzbar gemacht. Zunächst mussten durch intensive Analysen der Energieverbräuche Potenziale zur Lastverschiebung ausgearbeitet und mithilfe von Simulationen validiert werden. Als Nebeneffekt konnten somit auch neue Einspar- und Nutzungspotenziale für Strom sowie Wärme identifiziert werden, die es dem Unternehmen erlauben, seine Anlagen noch effizienter und klimafreundlicher zu betreiben.



„Die Berliner Wasserbetriebe sind durch ihre Prozessstruktur und Maßnahmen im Bereich der Steuerung von Energieverbrauch, -erzeugung und -speicherung in der Lage, ihren Anlagenbetrieb zu flexibilisieren. So können sie im Rahmen der Energiewende passend auf die Integration volatiler regenerativer Energien reagieren.“

Regina Gnirß
Leiterin Forschung und Entwicklung,
Berliner Wasserbetriebe AöR

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // Großverbraucher als Chance

Es ist ein Transformationsprozess erforderlich, um den Kohle- sowie Atomkraftausstieg hin zum Ausbau der regenerativen Energien zu ermöglichen. Flexibilisierter Energieverbrauch in allen industriell geprägten Bereichen und der Abwasserwirtschaft wird somit unerlässlich.

Abwassertechnische Anlagen gehören zu den elektrischen Großverbrauchern: Deutschlandweit kommen knapp 10.000 kommunale Klärwerke auf etwa 3.200 Gigawattstunden (GWh) pro Jahr.

Berlins Klärwerke erzeugen schon heute 70 Prozent ihres Energiebedarfes aus den erneuerbaren Energieträgern Klärschlamm und Klärgas. Durch Wind- und Solarenergie erreichen Anlagen wie das Klärwerk Schönerlinde bereits eine bilanzielle Eigenversorgung von 84 Prozent. Wasserverbrauch und Abwasseraufkommen sind gut prognostizierbar, wodurch verfügbare Flexibilitäten ebenfalls vorab bekannt sind.

Die Klärwerke der Berliner Wasserbetriebe verfügen über einen hohen Automatisierungsgrad, jedoch nicht über ein System zur Optimierung des energetischen Verhaltens. Nach Untersuchungen mit einem Simulationsmodell (SIMBA#) wurde in das Klärwerk Münchehofe eine mehrstufige Automatisierung integriert, um die Jahresspitzenlast zu reduzieren. Sobald die Netzbelastung einen definierten

70% des Energiebedarfs aus erneuerbaren Energieträgern

Berlins Klärwerke erzeugen schon 70 Prozent ihres Energiebedarfs aus den erneuerbaren Energieträgern Klärschlamm bzw. Klärgas.

Grenzwert überschreitet, erfolgt ein automatischer Lastabwurf. Dazu nutzt das Lastmanagement eine Energieverbrauchsprognose. Verfahrenstechnische Vorrichtungen wie Sandfangschieber, Zentrifugen und Gebläse der biologischen Reinigungsstufen werden dann in ihrer Funktion eingeschränkt oder abgeschaltet.

► PROJEKTERGEBNISSE // Flexibilität dank Lastmanagement

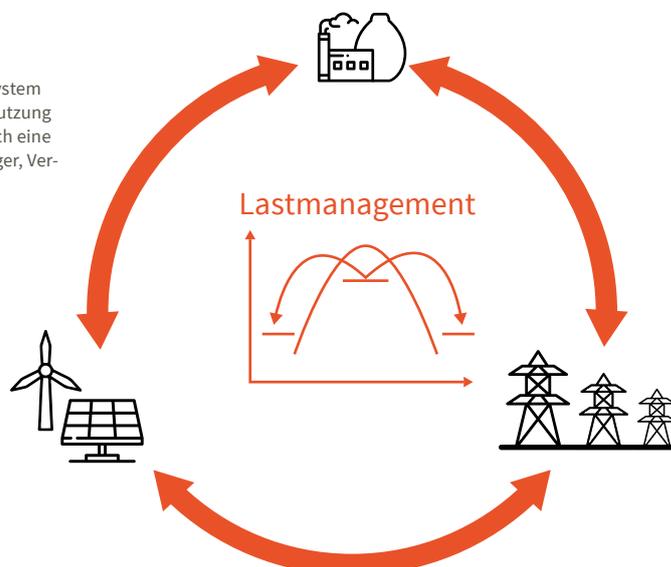
Zunächst erfolgten die intensive energetische Untersuchung der Energieeffizienz und Priorisierung elektrisch relevanter Aggregategruppen durch Betriebsdaten- und Leistungsmessungen auf Basis des Arbeitsblattes DWA-A-216 sowie die Validierung der Erkenntnisse anhand von Simulationen. Nach der Implementierung und Visualisierung des Lastmanagements in das Prozessleitsystem erfolgte eine einjährige Testphase am Klärwerk Münchehofe, welche erfolgreich verlief. Inbegriffen waren auch die Analyse prozesstechnischer Auswirkungen auf die Ablaufqualität und die Optimierung des Systems. Die Übertragbarkeit auf weitere Anlagen wird mittels Simulationsmodellen unter der Verwendung von Datensätzen aus Lastmanagementversuchen, welche auf dem Klärwerk Münchehofe stattfanden, bewertet. Als Nebeneffekt konnten auch neue Einspar- und Nutzungspotenziale für Strom sowie Wärme identifiziert werden, die es dem Unternehmen erlauben, seine Anlagen noch effizienter und klimafreundlicher zu betreiben. Bei Übertragung des Lastmanagements auf alle Klärwerke der Berliner Wasserbetriebe kann ein positives Flexibilitätspotenzial von 5,9 Megawatt (MW) bereitgestellt werden.

► FAZIT UND AUSBLICK // Klärwerke stützen Energiewende

Über WindNODE hinaus werden die Berliner Wasserbetriebe durch adaptives Vorgehen an der Übertragung des Lastmanagements auf weitere Kläranlagen arbeiten und im Rahmen der KRITIS-Verordnung verstärkt externe Daten, wie z. B. Windprognosen, nutzen, um das System effizienter zu gestalten.

Als Folgeprojekt zu WindNODE soll in einem Forschungsvorhaben die Integration eines Elektrolyseurs in einem Klärwerk der Berliner Wasserbetriebe erfolgen. Klärwerke verfügen über wesentliche Potenziale zur Implementierung der Wasserstofftechnologie. Durch die lokale Wasserstoff-erzeugung mittels Windenergie und die anschließende Methanisierung von Wasserstoff können sich energetische sowie klimaentlastende Vorteile ergeben. Besonders bei der Nutzung der Wasserstoffelektrolyse ergeben sich hier Synergieeffekte: beim Prozess erzeugter Sauerstoff kann in Ozon umgewandelt und dann für die weiter gehende Abwasserreinigung genutzt werden. Das bestehende Lastmanagement kann somit um negatives Flexibilitätspotenzial (Mehrverbrauch) erweitert werden.

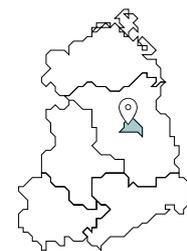
- Intelligentes Lastmanagementsystem zur Strombezugsoptimierung: Nutzung von Flexibilitätspotenzialen durch eine verknüpfte Steuerung der Erzeuger, Verbraucher und Speicher.



TAP
7.5

HANDLUNGSFELD

Flexibilitäten identifizieren
Energiesystem digitalisieren



► Titel des Teilarbeitspakets

Lastverschiebepotenziale
in der Wasserver- und
Abwasserentsorgung

► Förderkennzeichen

03SIN550

► Partner des Projekts

► VERBUNDPARTNER

Berliner Wasserbetriebe AöR

► Kontakt

Regina Gnirß
T +49 30 86441628
regina.gnirss@bwb.de

► Besuchbare Orte

InfraLab am EUREF-Campus
Torgauer Straße 15 B
10829 Berlin
Nach Anmeldung

► BESUCHERANFRAGEN AN

info@infralab.berlin



Weitere Infos unter
www.bwb.de



▲ BMW-Speicherfarm Leipzig in der Innenansicht.

BMW-Speicherfarm Leipzig – energietechnische Optimierung des Fertigungswerks

Die BMW Group betrachtet die Elektromobilität ganzheitlich. Mit der Elektrifizierung der Mobilität verschmelzen zunehmend die Sektoren Energie und Mobilität. So verfügen in E-Fahrzeugen eingesetzte Traktionsbatterien nach dem Ende des Fahrzeuglebenszyklus meist über eine reduzierte Kapazität, sind aber weiterhin sinnvoll nutzbar. Mit der Nutzung der Batterien in einer Second-Life-Anwendung können signifikante Beiträge zu Nachhaltigkeit, Umweltschutz und Energiewende geleistet werden.



„Die Speicherfarm Leipzig ist für uns ein Meilenstein auf dem Weg zur nachhaltigen Mobilität von morgen. WindNODE hat uns die Chance gegeben, energiewirtschaftliche Konzepte auf den Weg zu bringen und zu erproben, um die notwendigen Bedingungen für flexible Nutzungsmöglichkeiten aufseiten von Erzeugern und Verbrauchern vorzudenken. WindNODE hat einen hervorragenden Rahmen geschaffen, um Problemstellungen aufzuzeigen und im Austausch mit Projektpartnern Alternativen zu erarbeiten.“

Alexander Funke
Projektleiter,
BMW Group



▲ Ideale Voraussetzungen für eine ganzheitliche Betrachtung der Energiewende im BMW Group Werk Leipzig.

▷ HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Elektromobilität ganzheitlich gedacht**

Erneuerbare Energien führen zu hoher Volatilität im Stromnetz. Dies bringt Herausforderungen für die Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) mit sich, welche die Stabilität des Netzes gewährleisten müssen. Abhilfe können flexibel einsetzbare Speicherkapazitäten schaffen, die kurzfristige Schwankungen binnen Sekunden ausgleichen. In E-Fahrzeugen eingesetzte Traktionsbatterien verfügen nach dem Ende des Fahrzeuglebenszyklus zwar meist über eine reduzierte Kapazität und Leistung, sind aber weiterhin sinnvoll nutzbar. Im Sinne der Nachhaltigkeit wurde daher eine Speicherfarm mit gebrauchten Elektrofahrzeugbatterien in einer Second-Life-Anwendung als Großspeicher bestückt. Die Fahrzeugbatterien wurden so einer volkswirtschaftlich sinnvollen Wiederverwendung zugeführt. Durch eine langfristige Zweitverwendung der Batterien wurde ein signifikanter Beitrag zur Energiewende auf der Ebene industrieller Großverbraucher, zur Nachhaltigkeit und zum Umweltschutz erbracht.

Die Herausforderungen in diesem Projekt bestanden daher nicht nur in der technischen Integration der Speicherspeicher, sondern auch in der Befähigung der Speicherfarm für den Einsatz zur Förderung der Netzstabilität. So kann ein bedeutender Beitrag zur Kompensation der Volatilität durch die fluktuierende Einspeisung aus Wind- oder Solarparks im Übertragungs- und Verteilungsnetz geleistet werden. Hierfür war es notwendig, eine geeignete Infrastruktur inklusive IT-System zur skalierbaren Aufnahme von Gebrauchtspeichern zu entwickeln und die Basisbefähigung für weitere Speichergeschäftsmodelle zu schaffen. Dabei waren neben der energiewirtschaftlichen Integration die besonderen Gegebenheiten am Werksstandort zu berücksichtigen. Vor dem Hintergrund der geltenden Regulatorik sollte darüber hinaus betrachtet werden, inwiefern eine flexible Einbindung der Speicherfarm in die Werksinfrastruktur beispielsweise zur Abdeckung von kurzzeitigen Lastspitzen des Werks und eine weitere netzdienliche Nutzung der installierten Speicherleistung möglich ist.

▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Weltweit größte stationäre Batterie**

Im BMW Group Werk Leipzig wurde mit bis zu 700 BMW-i3-Batterien der derzeit weltweit größte stationäre Speicher aus neuen und gebrauchten Fahrzeugspeichern errichtet. Die Lösung ist insofern einzigartig, als dass die Speicher ganz ohne Anpassungsarbeiten aus dem Fahrzeug direkt in die Speicherfarm eingebaut werden können. Auch zukünftige Speichergenerationen können in der BMW-Speicherfarm in Leipzig aufgenommen werden. Aktuell werden in der Speicherfarm 60-Ah- und 94-Ah-Batterien der ersten BMW-i3-Generation genutzt. Durch das voll skalierbare Set-up ist die Speicherfarm schon heute auf die Aufnahme nachfolgender Speichergenerationen vorbereitet. Der technische Aufbau umfasst vier Partitionen mit jeweils einem Transformator. An jedem der vier Transformatoren sind fünf Wechselrichter angeschlossen. Je Wechselrichter können wiederum bis zu 36 Hochvoltspeicher (HVS) integriert werden. Die zur Verfügung stehende Gesamtleistung des Systems beträgt rund 13,60 MW.

Bis zu



Die Speicherfarm im BMW Group Werk Leipzig ist für eine Gesamtleistung in Höhe von bis zu 13,6 MW ausgelegt.

Jede der vier Partitionen kann separat gesteuert und damit in unterschiedlichen Use Cases eingesetzt werden. Die Energiemengen zwischen den Partitionen können klar abgegrenzt werden, hierfür hat jede Teileinheit einen eigenen Zählpunkt mit geeichter Messung.

Über die Werksgrenzen hinaus trägt die BMW-Speicherfarm Leipzig seit dem 1. Januar 2018 dazu bei, erneuerbare Energie optimiert ins öffentliche Stromnetz zu integrieren und es so zu stabilisieren. Konkret wird die BMW-Speicherfarm in Leipzig aktuell zur Erbringung von Primärregelleistung eingesetzt. Der Einsatz von Hochvoltspeichern in einer stationären Zweitanwendung ermöglicht dabei eine schonende und nachhaltige Ressourcennutzung.

Um auf künftige Anforderungen flexibel reagieren zu können, wurde die Speicherfarm für den Einsatz in der lokalen Optimierung befähigt. Beispielsweise kann so lokal eigenerzeugter Strom aus den vier Windrädern auf dem Gelände des BMW Group Werks Leipzig noch besser in den Energieverbrauch des Werks integriert werden. So wird dessen CO₂-Fußabdruck noch weiter verringert. Alternativ kann die Speicherfarm im Energiebedarfsmanagement des Werks Leipzig eingesetzt werden, um die dortigen Energiekosten zu senken.

▼ Die Speicherfarm trägt durch den Einsatz in der Primärregelleistung zum Gelingen der Energiewende bei.





▲ Projektskizze der Speicherfarm im BMW Group Werk Leipzig: Mit der Elektrifizierung der Mobilität verschmelzen zunehmend die Sektoren Energie und Mobilität.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // Mehr Flexibilität wagen

Der ideal gewählte Standort, innerhalb der Werksinfrastruktur, würde es ermöglichen, die Speicherfarm unterschiedlichen Einsatzgebieten zuzuführen. In allen drei möglichen Varianten – Strommarkt, lokale Optimierung und Systemdienstleistung – kann im weiteren Sinne von einem markt- bzw. netzdienlichen Verhalten gesprochen werden. Einerseits sind Preisschwankungen ein Produkt aus Angebot und Nachfrage. Eine preisgetriebene Optimierung, z. B. am Intraday-Markt, hilft, Angebot und Nachfrage auszugleichen. Andererseits kann durch das Vermeiden von Lastspitzen, im Rahmen der lokalen Optimierung, die Belastung im vorgelagerten Netz reduziert werden. Bei der dritten Alternative – dem Einsatz am Regelleistungsmarkt – ist das netzdienliche Verhalten obligatorisch bzw. per Definition Kernbestandteil der angebotenen oder abgerufenen Leistung. Aufgrund vielfältiger regulatorischer Hemmnisse sind die Hürden für den flexiblen Einsatz von Speichersystemen, welche hinter einem Hauptzähler agieren, wenn überhaupt, nur mit großen Einschränkungen und hohem administrativem Aufwand möglich.

Hilfreich könnte sein, eine eigene Legaldefinition für Speicher zu etablieren. Dies kann zu einer Erleichterung der Anpassung von regulatorischen Bestimmungen für Batteriespeicher beitragen. Das derzeitige Vorgehen, Speicher fallweise als Verbraucher oder Erzeuger zu betrachten, ist für die Einordnung in die komplexen energiewirtschaftlichen Regelungen dabei eher hinderlich.

▷ WAS HEMMT DIE ENERGIEWENDE?

In der Projektumsetzung stellte sich die aktuelle Regulatorik für Groß- und Kleinspeicher, insbesondere bei der dynamischen Einbindung von Speichersystemen, als große Hürde heraus. Speicher können nur einen wesentlichen Baustein zur Energiewende leisten, wenn Flexibilität im Zusammenwirken mit den Faktoren Nutzen, Rentabilität und Timing wirksam eingesetzt werden kann.



700

BMW-i3-Batterien

Bis zu 700 BMW-i3-Batterien kann die Speicherfarm im BMW Group Werk Leipzig aufnehmen. Der dadurch entstandene Großspeicher ist der weltweit größte stationäre Speicher aus neuen und gebrauchten Fahrzeugspeichern.



TAP
7.6

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten identifizieren
Flexibilitäten aktivieren



► Titel des Teilarbeitspakets

Kombinierte Anwendung einer Batteriefarm für Netzdienstleistungen und intelligente energetische Steuerung eines großindustriellen Fertigungsstandortes

► Förderkennzeichen

03SIN552

► Partner des Projekts

▷ VERBUNDPARTNER
BMW AG

► Kontakt

Alexander Funke
T +49 89 38258085
Alexander.AF.Funke@
bmwgroup.com

► Besuchbare Orte

BMW Speicherfarm
BMW-Allee 1
04349 Leipzig

Zugang im Rahmen von
Einzelbesucher- und
Exklusivführungen

▷ BESUCHERANFRAGEN AN
info@bmw-besuchen.com



Weitere Infos unter
press.bmwgroup.com/h3Yn0



▲ Großbatterie am Kraftwerk Schwarze Pumpe.

Flexibel im clever organisierten Verbund

Zentrales Element bei der Flexibilisierung der Strombereitstellung sind virtuelle Kraftwerke. In diesem Verbund können die einzelnen technischen Einheiten ihre Fähigkeiten optimal zum Einsatz bringen. Das wird mithilfe digitaler Zwillinge auf Systemebene trainiert, unter realen Bedingungen und mit realen Steueralgorithmien. Mit solchen Simulationen lassen sich wirtschaftliche und technische Effekte einschätzen und für den täglichen Einsatz optimieren.



„Durch unser Engagement in WindNODE haben wir in einem sehr aktiven Netzwerk konkrete Projektergebnisse und spannende Potenziale für die Zukunft der Energieversorgung entwickelt. Das ist ein weiterer Baustein für die Zukunft der Lausitz als Energieregion und ein modernes technologisches Drehkreuz.“

Dr. Christian Fünfgeld
WindNODE-Projektleiter,
LEAG

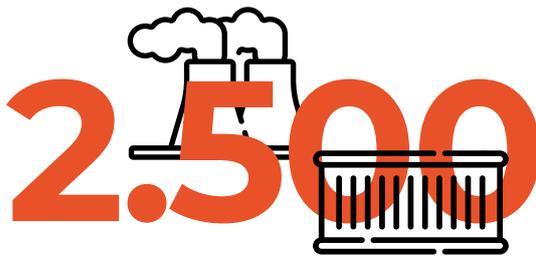
► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // Erhöhung der Flexibilitätspotenziale

Ein virtuelles Kraftwerk bedeutet heute in der Regel die überregionale Bündelung von Einzelanlagen in Flächenkraftwerken. Am Standort Schwarze Pumpe werden flexible Grundlastblöcke mit einer großen Batterie kombiniert. Darüber hinaus können große industrielle Verbraucher und fluktuierende Erzeugung aus Wind- und PV-Anlagen flexibel integriert werden. Die variable Kombination dieser einzelnen adressierbaren Anlagen zu virtuellen Kraftwerken bietet die Möglichkeit, effizient auf die neuen Anforderungen und Möglichkeiten der Märkte zu reagieren. Ein Beispiel dafür ist die Einführung der neuen Ausschreibungsbedingungen für Regelleistung, mit denen die Erbringungszeiträume von 24 Stunden auf 6×4 Stunden verkürzt werden. So kann eine Anlage an den einzelnen Geboten eines Tages ganz unterschiedlich beteiligt sein. Das war früher nicht möglich und erhöht heute die Effizienz des Anlageneinsatzes. Mit virtuellen Kraftwerken wie den *LEAG energy cubes* wird die Erhöhung von Flexibilitätspotenzialen Realität.

Veränderung der Anlagenbelastung

Hohe Flexibilitätserfordernisse können von den einzelnen Anlagen nur mit unterschiedlicher Effizienz erfüllt werden. Im virtuellen Kraftwerk werden die Anlagen nach ihrer Charakteristik optimal kombiniert und eingesetzt. Hier ist von besonderer Bedeutung, ob a) die geplante Leistung voll erbracht wird und b) die Anlagen jeweils innerhalb ihrer Einsatzgrenzen betrieben werden.

Erste Simulationen zeigen, dass die Kombination von einem flexiblen Grundlastkraftwerk mit einer Großbatterie zur gemeinsamen Erbringung von Primärregelleistung die Anlagen je nach Einsatzstrategie mehr oder weniger stark belastet. Für diese Untersuchungen wurde ein *digitaler Zwilling* entwickelt, mit dem zwei Kraftwerksblöcke und die Großbatterie *BigBattery Lausitz* am Standort Schwarze Pumpe mit hoher Genauigkeit abgebildet wurden. So kann das spezifische Anlagenverhalten unter realen äußeren und inneren Betriebsbedingungen wie der Netzsituation und der Einspeisung erneuerbarer Energie simuliert werden. Die Betriebsergebnisse des *digitalen Zwillings* ermöglichen realistische Rückschlüsse auf die Belastung der einzelnen Anlagen und die Effizienz des Gesamtprozesses.



Datenpunkte verbinden
Batterie und Kraftwerk.

► PROJEKTERGEBNISSE // Virtuelle Kraftwerke – reale Leistung

LEAG energy cubes

In den virtuellen Kraftwerken der LEAG werden die entwickelten Einsatzszenarien zukünftig umgesetzt. So lassen sich auch fluktuierende Erzeugungseinheiten und die Flexibilität industrieller Lasten kombiniert und planbar einsetzen. Im Verbund mit steuerbaren Kraftwerksanlagen wird die Leistungsfähigkeit im gesamten Erzeugungspool erhöht.

Großbatterie und Kraftwerk eng verbunden

Mit ca. 2.500 Datenpunkten ist die Großbatterie durch den Projektpartner Siemens leittechnisch direkt an die Kraftwerkssteuerung angebunden. Mit dieser direkten Verbindung von Batterie und Kraftwerk sind optimale Einsatzstrategien erst möglich.

Weitere Kombinationen angedacht

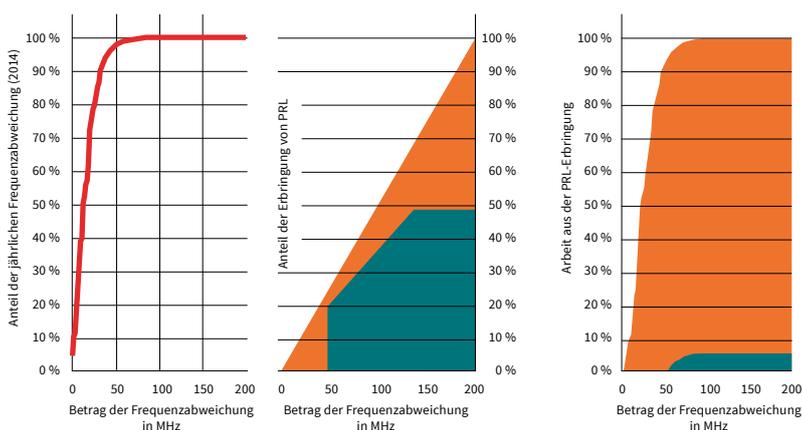
Am Prüfstand des Projektpartners BTU Cottbus-Senftenberg werden Zelltests den Einfluss der Belastungen auf reale Batteriezellen zeigen und Rückschlüsse auf wirtschaftliche Einsatzstrategien der Batterien ermöglichen. Simulationen für einen Hybridverbund aus Großbatterie, Windkraftanlage und Wasserstoff-Elektrolyse weisen den Weg zu neuen Kombinationen in Form von virtuellen Kraftwerken.

► FAZIT UND AUSBLICK // Anforderungen an virtuelle Kraftwerke

Energieversorgung als Infrastrukturaufgabe braucht stabile Lösungen mit klaren Vorgaben. Die virtuellen Kraftwerke müssen hierfür

- flexibel konfigurierbar sein,
- die Randbedingungen der Versorgung mit den Möglichkeiten der Märkte verbinden und
- die Einsatzgrenzen der technischen Anlagen beachten und ausnutzen.

Alle Angebots- und Verbrauchssektoren müssen Beiträge leisten, um die Sicherheit der Energieversorgung auf dem hohen Niveau zu halten, auf dem Deutschland als Industrieland seine Wertschöpfung aufbaut.



TAP
7.7

HANDLUNGSFELD

Flexibilitäten identifizieren
Flexibilitäten aktivieren
Energiesystem digitalisieren



► Titel des Teilarbeitspakets

Innovatives
Energiedrehkreuz Lausitz

► Partner des Projekts

► VERBUNDPARTNER

Brandenburgische Technische
Universität Cottbus-Senftenberg,
Lehrstuhl Kraftwerkstechnik

Siemens AG

► ASSOZIIERTER PARTNER

Lausitz Energie Kraftwerke AG
(LEAG)

► Kontakt

Dr. Christian Fünfgeld
T +49 355 2887-2635
christian.fuenfgeld@leag.de

► Besuchbare Orte

**Kraftwerk Schwarze Pumpe
Kommunikationszentrum**

An der Alten Ziegelei
03130 Spremberg
OT Schwarze Pumpe

Das Kommunikationszentrum des Kraftwerks Schwarze Pumpe ist montags bis freitags, 9 – 16 Uhr, und samstags, 10 – 16 Uhr, geöffnet. Sollten Sie Interesse an einer Kraftwerksführung haben, melden Sie sich bitte frühzeitig an.

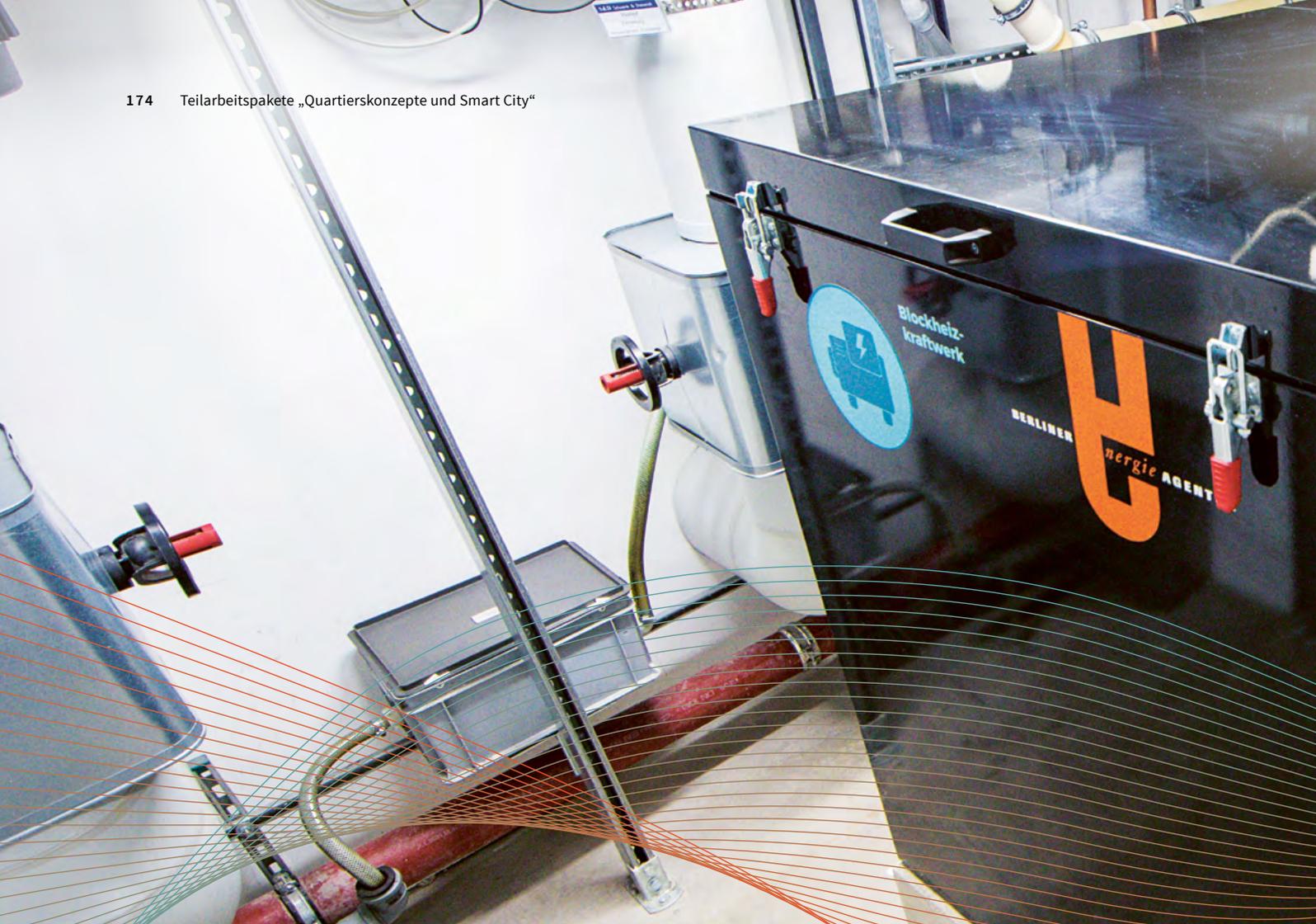
► BESUCHERANFRAGEN AN

Besucherservice
T +49 355 2887 3561
besucherservice@leag.de



Weitere Infos unter

www.leag.de/energycubes



Beteiligte Partner





174 – 189



Quartierskonzepte und Smart City

In den Modellregionen Berlin, Dresden und Zwickau realisiert Wind-NODE Smart-City-Entwürfe mit einem Fokus auf Flexibilisierung und Regionalisierung der Lasten und auf dezentrale Eigenerzeugung.

Ziel dieses Arbeitspakets ist es, unterschiedliche Entwürfe zu testen, die Potenziale von Quartierskonzepten im Rahmen der Energiewende zu verstehen – beispielsweise im Hinblick auf netz- und systemdienliche Angebote – und Transfermöglichkeiten in andere Regionen herauszuarbeiten.



Das Arbeitspaket 8 wird von Dr. Severin Beucker (Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH) ehrenamtlich koordiniert.

Energiewende im Niederspannungsnetz – Modellregion Zwickau

Die Zwickauer Energieversorgung (ZEV) als lokaler Energieversorger, die Westsächsische Hochschule Zwickau und die SenerTec Sachsen als Energiespeicherexperten demonstrieren die Energiewende mit einem intelligenten Niederspannungsnetz. Mit Energiespeichern, Smart Metern, Smart Buildings, Elektromobilität sowie intelligenten Verbrauchern sollen die Flexibilisierung von Erzeugern und Verbrauchern in einer Modellregion von 1.109 Wohneinheiten und eine regenerative Einspeisung von 211 kW_p erreicht werden.



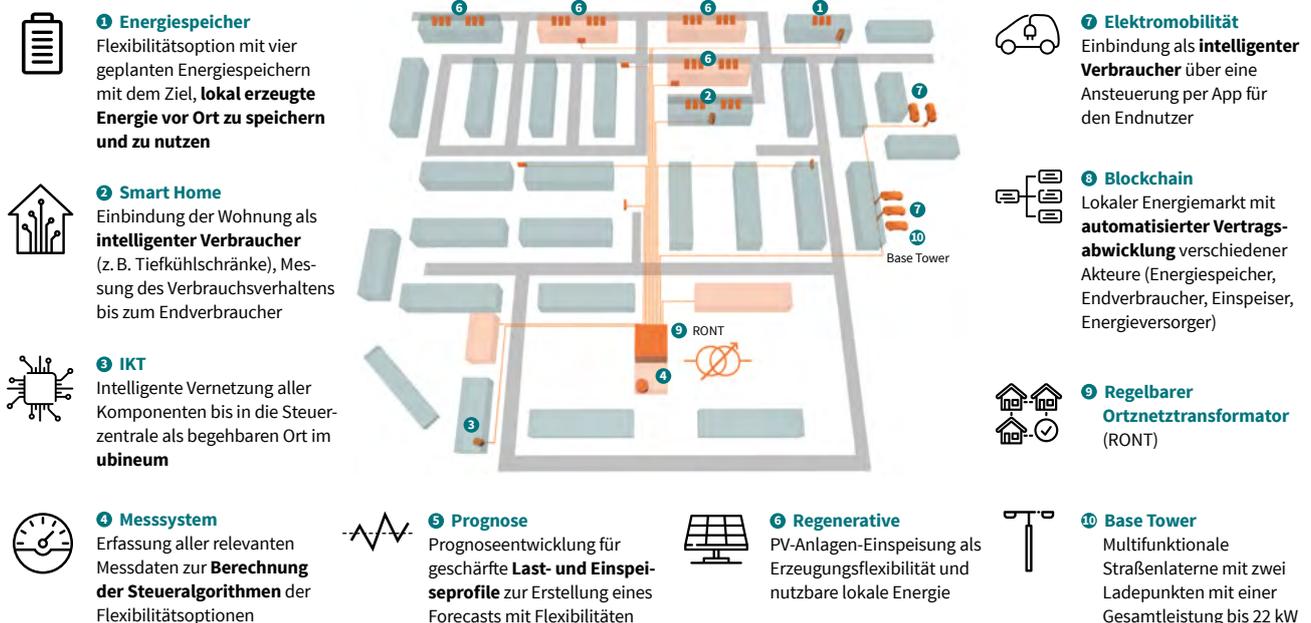
„Das Ziel, möglichst viel Wissen zu generieren, haben wir erreicht – auch wenn nicht alle Erkenntnisse positiv waren. Vieles wird erst sichtbar, wenn komplex gedacht und auch umgesetzt wird. Nur durch reale Projekte lässt sich Know-how für eine All Electric Society entwickeln.“

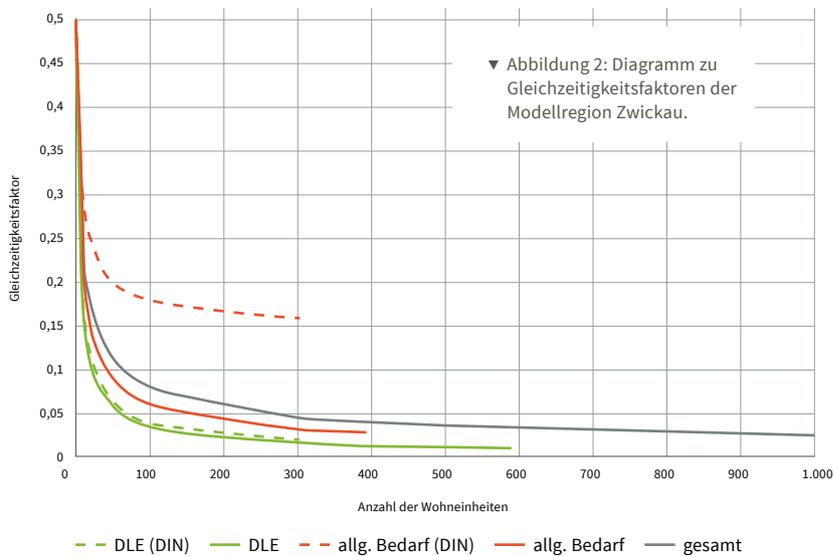
André Hentschel
Technischer Geschäftsführer,
Zwickauer Energieversorgung GmbH

► PROJEKTERGEBNISSE // Die Systeme laufen!

Das Herzstück der elektrischen Versorgung ist der **1** regelbare Ortsnetztransformator (RONT) mit einer Leistung von 400 kV bzw. 10/0,4 kV. Dieser wird durch vier elektrische Energiespeichersysteme mit dem Ziel gestützt, lokal erzeugte Energie vor Ort zu speichern und zu nutzen. Dabei werden vier Szenarien erprobt und validiert: Energieautarkie, Mieterstromkonzept mit ähnlichem Steuerprinzip, eine Netzstabilisierung, um am Anschlusspunkt die Spannung anzuheben, und ein **2** zentraler Energiespeicher, um den Transformator zu entlasten und verschiedene Modi zu testen. Außerdem wurde ein **10** Base Tower errichtet, um Elektrofahrzeuge laden zu können. Dabei werden die **7** Elektrofahrzeuge als intelligente Lasten eingebunden. Zudem werden die relevanten Parameter des gesamten Netzgebietes in einem 1-s-Inkrement messtechnisch erfasst, grafisch dargestellt und ausgewertet. Die Daten und Ansteuerungsbefehle werden durch die intelligente Vernetzung aller Komponenten in die Steuerzentrale ubineum, einen besuchbaren Ort im Rahmen von WindNODE, gesendet. Für die Steuerung der Betriebsmittel werden **5** Last- und Einspeiseprognosen verwendet.

▼ Abbildung 1: Prinzipbild der Modellregion Zwickau „Marienthal“.





Die Energiespeichersysteme werden anhand der Szenarien gesteuert. Der Energiespeicher zur Netzstabilisierung beeinflusst die Spannung am Anschlusspunkt um bis zu 2,3 V, wie in Abbildung 2 am Beispiel der Gleichzeitigkeitsfaktoren ersichtlich ist. Hierbei ist die Leistung der Wechselrichter der entscheidende Faktor, welcher die Netzspannungslage quantitativ beeinflusst. Ein Programm zur Auswertung der Live-Messdaten, der Prognosedaten für die PV-Anlage und der Last steuert die Energiespeichersysteme „Energieautarkie“ und „Mieterstromkonzept“. Hierbei ist die exakte Auslegung der Leistung und der Kapazität entscheidend für einen wirtschaftlichen Erfolg.

Die Szenarien und die komplexe Vernetzung ermöglichen eine Blockchain-Abrechnung im Energiehandel. Dazu gibt es in der Modellregion Anbieter, Endnutzer und den Quartier-Bilanzkreisverantwortlichen. Die Abwicklung und Gestaltung der Verträge läuft über eine Online-Plattform. Einer dieser Teilnehmer ist z. B. der Fahrer eines Elektrofahrzeugs. Dieser kann günstige erneuerbare Energie aus lokaler PV-Produktion von den Dächern des anliegenden Quartiers am Base Tower beziehen.

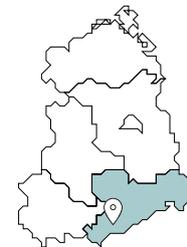
► FAZIT UND AUSBLICK // Optimierungspotenziale identifizieren und Lösungen erarbeiten

Es wurde gezeigt, dass das Energiesystem mit allen Betriebsmitteln bis zum Endkunden netzdienlich funktioniert. Die bisher festgestellten Herausforderungen lagen zum einen in der Verwendung von Standardkaufkomponenten für den intelligenten Einsatz im Niederspannungsnetz und zum anderen im Aufbau der IKT, um Messwerte im Sekundentakt zu speichern und auszuwerten. Nach Projektende könnten die gefundenen Lösungsansätze auf andere, ähnlich geartete Quartiere übertragen werden. Dabei muss im Vorfeld eine genaue Dimensionierung der Betriebsmittel stattfinden, was nun mit den hier erworbenen Erkenntnissen viel besser funktioniert. Hierfür sollte eine Netzsimulation des Quartiers mit der Ergebnissynthese aus diesem Projekt berechnet werden.



TAP
8.1a

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten identifizieren
Energiesystem digitalisieren



► Titel des Teilarbeitspakets

Modellregion Zwickau/Quartier
Marienthal

► Förderkennzeichen

03SIN546, 03SIN547, 03SIN528

► Partner des Projekts

► VERBUNDPARTNER

Westfälische Hochschule Zwickau
SenerTec Center Sachsen e. K.
Zwickauer Energieversorgung GmbH

► ASSOZIIERTE PARTNER

SPIE SAG GmbH Region Ost
Westfälische Wohn- und
Baugenossenschaft eG Zwickau

► UNTERAUFTRAGNEHMER

enersis Europe GmbH
nymoen strategieberatung GmbH

► Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Mirko Bodach
T +49 375 5361454
mirko.bodach@fh-zwickau.de

► Besuchbare Orte

ubineum
Uhdestraße 25, 08056 Zwickau

► BESUCHERANFRAGEN AN

info@ubineum.de

Energiespeicher 5

Berthold-Brecht-Str., 08060 Zwickau

► BESUCHERANFRAGEN AN

bjoern.veit@fh-zwickau.de

Base Tower

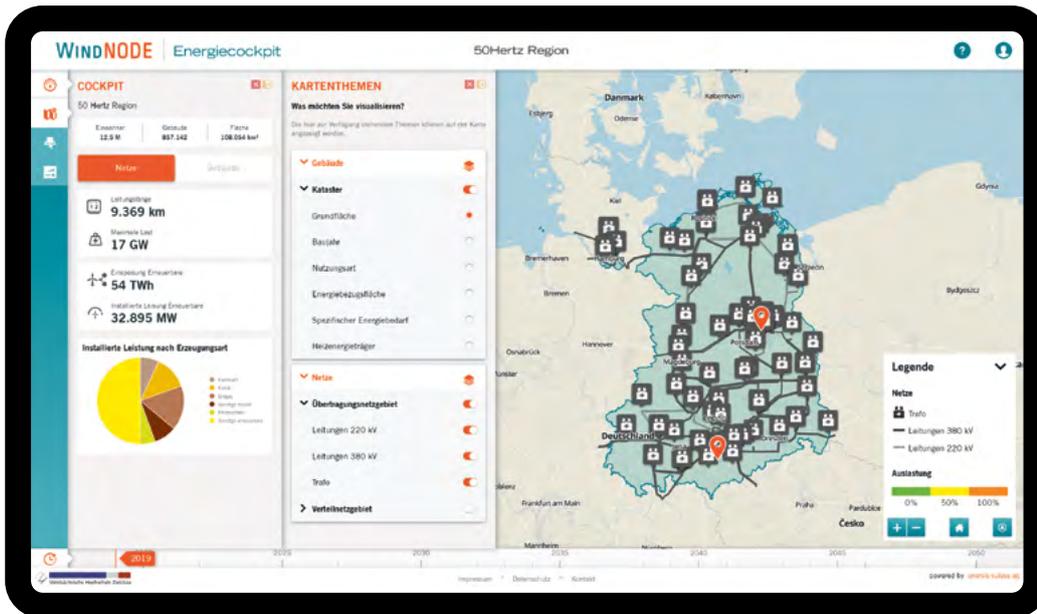
Richard-Holz-Str. 1e, 08060 Zwickau

► BESUCHERANFRAGEN AN

thomas.hempel@fh-zwickau.de



Weitere Infos unter
www.fh-zwickau.de



◀ WindNODE-Energiecockpit: Überblick über das 50Hertz-Netzgebiet.

WindNODE-Energiecockpit – Energiewende sichtbar machen

Die Energiewende ist ein nötiger Schritt zur Eindämmung des Klimawandels. Um damit einhergehende Szenarien und Maßnahmen sichtbar zu machen, wurde in Zusammenarbeit der Westsächsischen Hochschule Zwickau und der enersis europe das WindNODE-Energiecockpit als digitale Plattform auf den Weg gebracht. Hierbei werden Quartierssanierungsaspekte um Netzthemen ergänzt und Einflüsse der Energiewende simuliert und greifbar gemacht.



„WindNODE ist ein gelungenes praxisorientiertes und interdisziplinäres Forschungsprojekt. Neben den innovativen Ergebnissen, die einem weltweiten Benchmark standhalten, erwies sich die einzigartige Kultur zwischen allen Beteiligten als voller Erfolg. WindNODE ist eine Blaupause für die anstehenden Reallabore, den Strukturwandel und die europäische Energiewende.“

Thomas Koller
CEO & Founder,
enersis europe GmbH

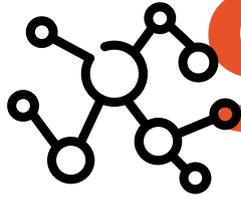
▷ HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Transparenz und Szenarienbildung**

Der Klimawandel ist überall spürbar. Fridays for Future hat sich die Aufgabe gesetzt, diesen entschieden einzugrenzen. Als Antwort darauf haben immer mehr Städte und Kommunen den Klimanotstand ausgerufen. Sie möchten Transparenz über ihre Emissionen und konkret wissen, an welcher Stelle sie aktiv werden können, um nicht nur die Klimaschutzziele zu verfolgen, sondern proaktiv voranzugehen.

Aus diesem Grund hat die Westsächsische Hochschule Zwickau zusammen mit der enersis europe das WindNODE-Energiecockpit auf den Weg gebracht. Hierin werden auf Quartiersebene Sanierungspotenziale und -fahrpläne aufgezeigt und Auslastungsgrenzen der Netzinfrastruktur im Nieder- und Hochspannungsnetz (NS-/HS-Netz) simuliert, um Flexibilitätsbedarfe sichtbar zu machen.

Die Bereitstellung des WindNODE-Energiecockpits erfolgt durch GRIDS energyCity. Dies ist eine digitale Plattform, die sich auf die Bereitstellung von Informationen und Leitlinien für die effiziente Umsetzung der urbanen Energiewende spezialisiert hat. Wichtige Kennzahlen werden im geografischen Kontext dargestellt und erlauben somit eine einfache Planung und das Monitoring von Energieeffizienzmaßnahmen über längere Zeiträume hinweg.

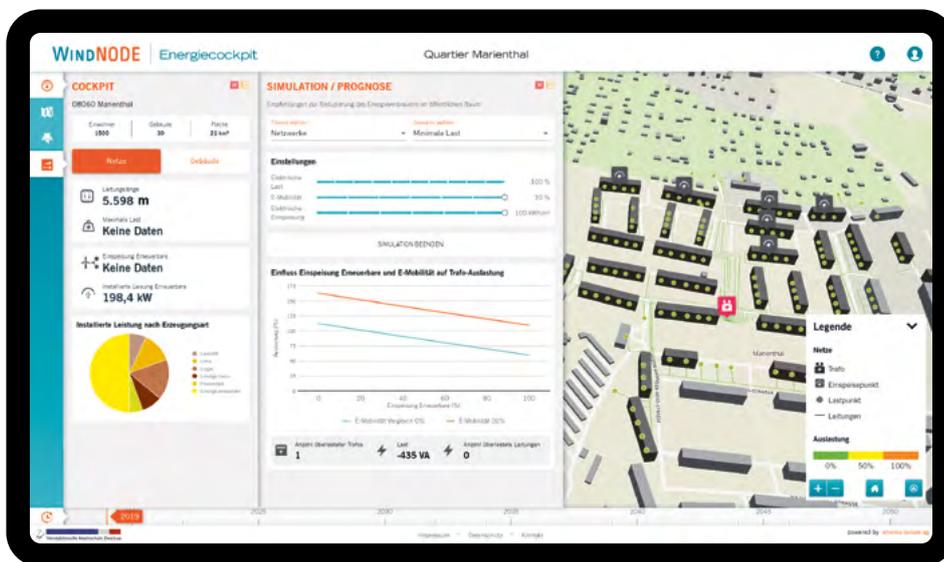
Das Energiecockpit umfasst

 **9.374 km**
simulierte Leitungen.

▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Digitales Energiecockpit**

Um aus den Daten entsprechende Mehrwerte zu liefern, wurden unter den Partnern Kennzahlen definiert, die vordergründig dargestellt und ausgewertet werden sollen. Hierzu zählen z. B. CO₂-Emissionen oder der Primärenergiebedarf. Zur besseren Vermittlung eines Nutzererlebnisses sind Erfahrungen von User-Experience- und User-Interface-Designern (UX/UI-Designern) eingeflossen.

Im Endergebnis werden über das WindNODE-Energiecockpit sowohl Lastszenarien im NS- als auch im HS-Netz bereitgestellt und Sanierungsfahrpläne der Quartiere Marienthal und Prenzlauer Berg aufgezeigt. Außerdem werden Simulationsmöglichkeiten zur Bewertung des Einflusses erneuerbarer Energien und der Steigerung der Elektromobilität aufgezeigt. Das Energiecockpit steht den WindNODE-Partnern zur Verfügung und kann zur Kommunikation und Weiterbildung u. a. in der Westsächsischen Hochschule Zwickau genutzt werden.



▲ WindNODE-Energiecockpit: Simulation der Netzauslastung im Niederspannungsbereich.

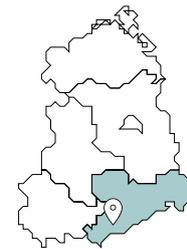
▷ FAZIT UND AUSBLICK // **Monitoring der Energiewende**

Die Verantwortung, dem Klimawandel entschieden entgegenzutreten, nimmt in Städten und Kommunen immer weiter zu. Das WindNODE-Energiecockpit zeigt notwendige Maßnahmen zur Erreichung der Klimaziele auf und macht kritische Aspekte im Rahmen der Energiewende frühzeitig sichtbar. Eine ganzheitliche Betrachtung erfordert, wie im WindNODE-Konsortium, die Einbindung verschiedenster Stakeholder. Stadtwerke besitzen einen umfangreichen Datenschatz aus unterschiedlichen Sektoren, der für die digitale Dekarbonisierung und das Energiecockpit prädestiniert ist.



TAP
8.1b

HANDLUNGSFELD
Energiesystem digitalisieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**
WindNODE-Energiecockpit –
Energiewende sichtbar machen

► **Förderkennzeichen**
03SIN546

► **Partner des Projekts**
enersis europe GmbH im
Unterauftrag der Westsächsischen
Hochschule Zwickau

► **Kontakt**
enersis europe GmbH
Johannes Sigulla
T +49 33 203849424

► **Besuchbare Orte**
[WindNODE-Energiecockpit](https://windnode.grids-energycity.com/)
<https://windnode.grids-energycity.com/>

▷ **BESUCHERANFRAGEN AN**
johannes.sigulla@enersis.de

Zugangsdaten unter:
support@enersis.freshdesk.com



Weitere Infos unter
www.enersis.ch



▲ Schaubild der Funktionsweise des Versuchsquartiers in Berlin-Prenzlauer Berg.

Effizienz und Flexibilität im Gebäudebestand: Ergebnisse aus dem Versuchsquartier Berlin

In einem Berliner Wohnquartier aus den 1960er-Jahren wurde eine Lösung für die Energiewende entwickelt. Durch Gebäudeautomation werden der Einsatz erneuerbarer Energien und zugleich die Energieeffizienz in Gebäuden erhöht. Die Ergebnisse zeigen, dass bei gleichbleibendem Wohnkomfort durch flexibles Verhalten ein wichtiger Beitrag zur Verringerung der CO₂-Emissionen im Gebäudesektor geleistet werden kann.

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Die Mobilisierung von Flexibilität erfordert Gebäudeautomation**

Der Gebäudesektor ist für die Umsetzung der Energiewende von besonders großer Bedeutung. Er ist mit ca. 36 Prozent für einen hohen Anteil des gesamten Endenergieverbrauchs in Deutschland verantwortlich. Der überwiegende Anteil der in Gebäuden genutzten Energie stammt aus den fossilen Quellen Erdgas und Erdöl. Der größte Anteil der Energie wird für die Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser benötigt. Eine wichtige Rolle spielt der Gebäudebestand, denn dort wird die meiste Energie eingesetzt. Der Gebäudesektor steht daher vor einer doppelten Herausforderung. Sein Energieverbrauch muss deutlich gesenkt und der Nutzungsanteil erneuerbarer Energie stark erhöht werden.

Für beide Ziele spielt Gebäudeautomation eine zentrale Rolle. Mit ihr können Gebäude und Wohnungen intelligent mit dem Energiesystem vernetzt werden. So wird eine gebäudeweite Regelung und Optimierung von Energieerzeugung sowie -speicherung möglich. Die Vernetzung ist auch Voraussetzung, um Gebäude für die Sektorkopplung, d. h. die flexible Bereitstellung oder Abnahme von Energie, nutzen zu können. Hierfür können sowohl Aggregate der Wärmeerzeugung (z. B. Wärmepumpen, Blockheizkraftwerke, Heizstäbe in Warmwasserspeichern) als auch elektrische Erzeuger und Speicher (z. B. PV-Anlagen, Batterien in Gebäuden oder Elektrofahrzeugen) genutzt werden. Bisher werden solche Anlagen aber oft isoliert voneinander betrieben und geregelt, vernetzt sind sie meist nicht.

Im WindNODE-Modellquartier Berlin-Prenzlauer Berg wurde hierfür eine Lösung entwickelt. Das Quartier ist mit Gebäudeautomation ausgerüstet, mit der im Vergleich zu ähnlichen Gebäuden rund 25 Prozent Heizenergie durch eine bedarfsgerechte Steuerung der Heizzentrale eingespart werden. Zusätzlich wurden Speicher- und Umwandlungsmöglichkeiten für erneuerbaren Strom in Wärme (Heizstäbe in Warmwasserspeichern mit $48 \text{ kW}_{\text{el}}$) installiert und über die Gebäudeautomation die neuen und bestehenden Anlagen (Blockheizkraftwerk mit $34 \text{ kW}_{\text{el}}$, Heizkessel, etc.) vernetzt. Sie werden über das Energiemanagement zu einem Pool zusammengefasst. Dieser kann sowohl nach Kriterien der Eigenoptimierung als auch nach Zielen des Energiemarktes (z. B. Regelenergie oder Preise der Strombörse) betrieben werden. Das Quartier kann sich damit flexibel bzw. netzdienlich verhalten und z. B. Überschussstrom aus Windenergie aufnehmen und in Wärme umwandeln. Es kann aber auch selbst erzeugten Strom in das Netz einspeisen, wenn weniger erneuerbare Energie verfügbar ist. All dies setzt voraus, dass der Wohnkomfort der Mieter in den Gebäuden nicht beeinträchtigt wird und durch die flexible Steuerung ein wirtschaftlicher Vorteil entsteht.



„Wir konnten in den Berliner Modellquartieren zeigen, dass Gebäude auf marktliche Anreizsignale flexibel und netzdienlich reagieren. So lassen sich große Energiemengen einsparen und verschieben. Wenn wir dieses Potenzial erschließen wollen, brauchen wir dafür einen höheren CO_2 -Preis und variable Strompreise.“

Dr. Severin Beucker
Gründer und Gesellschafter,
Borderstep Institut
für Innovation und
Nachhaltigkeit gGmbH

Einsparung von

25%

Heizenergie durch eine bedarfsgerechte Steuerung der Wärmeerzeugung in Gebäuden mit Gebäudeautomation

- Vernetzter Energieerzeuger: ein modulierbares Blockheizkraftwerk im Versuchsquartier.





„Wir konnten mit diesem Leuchtturmprojekt den Nachweis erbringen, dass Gebäudeautomation in Bestandsbauten einen wesentlichen Beitrag zur CO₂-Minderung leistet und Wohnquartiere für die Sektorkopplung zwischen Strom und Wärme ertüchtigt.“

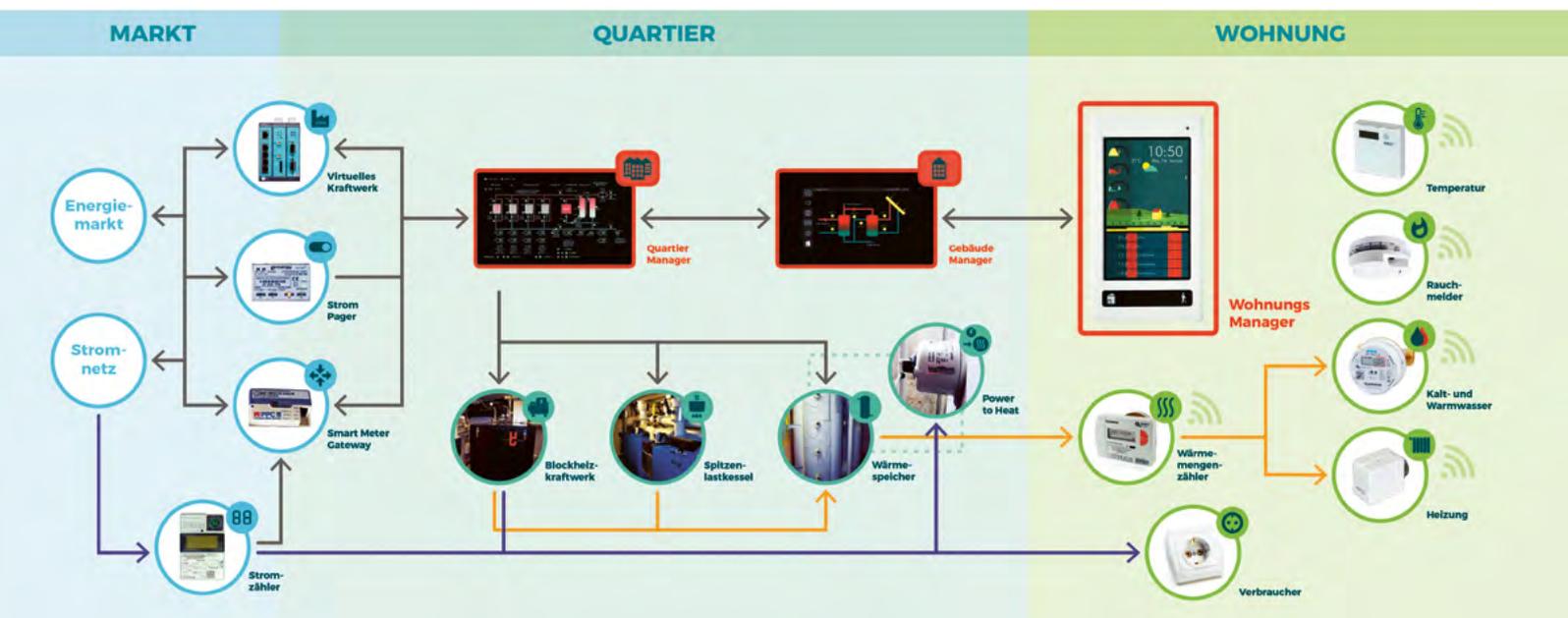
Dr. Manfred Riedel
Berater im Auftrag
der Dr. Riedel
Automatisierungstechnik
GmbH

▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Musterlösung für die Energiewende im Gebäudebestand**

Das im WindNODE-Modellquartier entwickelte Energiemanagement stellt eine Musterlösung für die Energiewende im Gebäudebestand dar. Dies wurde durch folgende Schritte erreicht:

- ▷ Neben dem bestehenden modulierbaren Blockheizkraftwerk (34 kW_{el}), das das Quartier mit Wärme und Strom versorgt, wurden zusätzlich Heizstäbe in bestehenden Warmwasserspeichern mit einer Leistung von 48 kW_{el} installiert. Dadurch wurde mit geringem technischem Aufwand die Fähigkeit des Quartiers für ein flexibles Verhalten erhöht.
- ▷ Das Blockheizkraftwerk sowie die Heizstäbe in den Warmwasserspeichern wurden über die bestehende Gebäudeautomation in das Energiemanagement des Quartiers integriert. Sie können damit für verschiedene Optimierungsziele wie eine wärme- oder stromorientierte Betriebsweise genutzt und integriert gesteuert werden. Durch angepasste Fahrweisen der Anlagen und den Mehreinsatz erneuerbarer Energie können 10 Prozent CO₂-Emissionen eingespart werden.
- ▷ Über ein Gateway wurde eine Schnittstelle zu einem Betreiber eines virtuellen Kraftwerks (VKW) geschaffen. Dieser kann die Anlagen, in diesem Fall BHKW und Heizstäbe, bzw. ihren flexiblen Betrieb am Energiemarkt, z. B. am Regelleistungs- oder Spotmarkt, anbieten. Der Betreiber ermittelt auch die aus der Vermarktung erzielbaren Gewinne.
- ▷ Die Lastgänge einzelner Haushalte, Gebäude oder anderer niedrig aggregierter Verbraucher in Quartieren und im Niederspannungsnetz zeichnen sich durch deutlich erkennbare Lastspitzen aus. Daher wurden mit maschinellem Lernen Algorithmen entwickelt, die diese Eigenschaften berücksichtigen können. Damit ist ein noch effizienteres, auf die Optimierungsziele angepasstes Energiemanagement möglich.
- ▷ Außerdem wurden Geschäftsmodelle für flexible bzw. netzdienliche Betriebsarten des Quartiers mit den beteiligten Akteuren entwickelt. Dabei zeigt sich, dass die Modelle technisch gut umsetzbar sind, es derzeit aber kaum Anreize für ein flexibles Verhalten von Quartieren gibt. Die möglichen Beiträge der Modelle zur Energieeffizienz und CO₂-Minderung sowie ein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis sprechen jedoch für eine Mobilisierung der Flexibilitäten aus dem Gebäudesektor.

▼ Schema des Energiemanagements im Modellquartier Berlin-Prenzlauer Berg.





▲ Außenansicht des Modellquartiers in Berlin-Prenzlauer Berg.

Schließlich wurde im Versuchsquartier Prenzlauer Berg ein besuchbarer Ort eingerichtet. Dieser steht sowohl Fachbesuchern als auch interessierten Bewohnern offen. Dort wird gezeigt, dass die Digitalisierung des Gebäudebereichs mit vorhandener Gebäudetechnik möglich ist und daraus Vorteile für die Mieter wie Energie- und CO₂-Einsparungen sowie ein erhöhter Wohnkomfort entstehen. In einem Partnerquartier in Berlin-Schöneberg wurde ein vereinfachtes Konzept umgesetzt. Auch dieses Quartier kann sich flexibel verhalten.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // **Flexibilitäten nutzbar machen**

Die Ergebnisse aus der Erprobung im Versuchsquartier Prenzlauer Berg zeigen, dass Flexibilitäten in Bestandsquartieren mit existierender Gebäudetechnik nutzbar gemacht werden können. Mit Hilfe von Gebäudeautomation können sowohl bestehende Anlagen (BHKW, Wärmepumpen etc.) als auch neue Aggregate (PtH-Elemente) in ein standortbezogenes Energiemanagement integriert und damit verfügbar gemacht werden.

Zukünftig werden Flexibilitäten und die Möglichkeiten der Sektorkopplung in Quartieren für die Energiewende benötigt werden. Gründe dafür sind z. B. der Zubau an erneuerbarer Energie sowie der Ausbau der Elektromobilität, der eine Ladeinfrastruktur erfordert und mit dem auch stationäre Batterien und mobile Speicher aus Elektromobilen Einzug in Quartiere halten. Dies schafft den Bedarf, neue Energiequellen und -senken im Rahmen eines Energiemanagements in Quartieren effizient zu steuern und für die Minderung von CO₂-Emissionen zu nutzen.

Derzeit lassen sich Flexibilitäten aus Quartieren nur begrenzt auf dem Energiemarkt handeln, da rechtliche und organisatorische Aufwände im Vergleich zu den erzielbaren Erlösen zu groß sind. Dies wird sich jedoch mit steigendem Anteil erneuerbarer Energie ändern. Auf sie kann man z. B. mit dem großen Flexibilitätspotenzial aus Quartieren reagieren.

▷ WAS HEMMT DIE ENERGIEWENDE // **Gebäudesektor hat großes CO₂-Minderungspotenzial**

Am Beispiel von Bestandsquartieren zeigt sich, dass der Gebäudesektor mit seinem großen CO₂-Minderungspotenzial einen erheblichen Beitrag zur Energiewende und zum Klimaschutz leisten kann. Bisher wird dieses zu wenig genutzt. Gründe dafür sind das Marktversagen bei den fossilen Energien – sie sind im Vergleich zu regenerativen Energiequellen zu günstig – sowie das Investor-Nutzer-Dilemma, welches verhindert, dass der Vermieter in Gebäudeautomation investiert, die dem Mieter aufgrund günstiger Betriebs- und Nebenkosten zugutekommt und die er schwer refinanzieren kann.

An beiden Stellen sollten Politik und Gesetzgeber ansetzen und Fehler korrigieren. Geschieht dies, so bekommen Energieeinsparung und Flexibilität einen Marktwert, der sinnvoll gehandelt werden kann. Dann kann der Gebäudesektor viel stärker als bisher zur Energiewende und zur Integration erneuerbarer Energien beitragen.



TAP
8.2

HANDLUNGSFELD

Flexibilitäten identifizieren
Energiesystem digitalisieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**
Modellregion Berlin/Quartier
Prenzlauer Berg

► **Förderkennzeichen**
03SIN504

► **Partner des Projekts**

▷ **VERBUNDPARTNER**

Borderstep Institut für Innovation
und Nachhaltigkeit gGmbH

Dr. Riedel Automatisierungstechnik
GmbH

Technische Universität Berlin,
Distributed Artificial
Intelligence-Laboratory

▷ **UNTERAUFTRAGNEHMER**

Berliner Energieagentur GmbH

Wohnungsbaugenossenschaft
Zentrum eG

► **Kontakt**

Dr. Severin Beucker
T +49 30306451000

► **Besuchbare Orte**

Versuchsquartier Prenzlauer Berg

Wohnungsbaugenossenschaft
Zentrum eG
Hosemannstraße 43
10409 Berlin

Nach Anmeldung

▷ **BESUCHERANFRAGEN AN**

Thomas Dittmann
T.Dittmann@wbg-zentrum.de

**Smart Energy Testbed am
DAI-Labor der TU Berlin**

Ernst-Reuter-Platz 7
10587 Berlin

Nach Anmeldung

▷ **BESUCHERANFRAGEN AN**

Marcus Voß
marcus.voss@dai-labor.de



Weitere Infos unter
www.borderstep.de



▲ Kläranlage in Dresden.

Modellregion Dresden: kommunale Lastverschiebe- potenziale

Kommunen haben mit ihren vielfältigen Stromverbräuchen ein großes Potenzial für Lastmanagement. Der effiziente Einsatz der Ressourcen erfordert eine Priorisierung der vorhandenen Lastverschiebepotenziale. Hierfür hat die TU Dresden ein Tool entwickelt. Darüber hinaus wurden in Dresden-Kaditz – in Ostdeutschlands größter Kläranlage außerhalb von Berlin mit einem jährlichen Energiebedarf von 23,6 GWh – Lastverschiebepotenziale im kommunalen Umfeld untersucht.

▷ HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Kriterien für die Lastverschiebung**

Um die vorhandenen Lastverschiebepotenziale zu priorisieren, hat die TU Dresden gemeinsam mit der Landeshauptstadt Dresden, der DREWAG und ENSO ein Excel-basiertes Tool entwickelt. Das Tool bewertet die vorhandenen Lastverschiebepotenziale anhand von technologie- und standortspezifischen Kriterien. Dabei umfassen die technologiespezifischen Kriterien u. a. den technologischen Reifegrad und die regulatorischen Rahmenbedingungen. Deren Bewertung ist im Tool hinterlegt, sodass der Anwender lediglich die Technologie zum erfassten Lastverschiebepotenzial zuordnen muss. Dahingegen müssen die standortspezifischen Kriterien (beispielsweise das technische Potenzial und die Unterstützungsbereitschaft) durch den Anwender selber erfasst werden. Basierend auf den Eingaben bewertet das Tool nun die vorhandenen Lastverschiebepotenziale und priorisiert diese. Der Nutzer hat dabei die Möglichkeit, die berücksichtigten Kriterien individuell zu gewichten. Das erlaubt beispielsweise einen besonderen Fokus auf die Wirtschaftlichkeit oder die Akzeptanz bei der Umsetzung.

Beim konkreten Anwendungsbeispiel der kommunalen Stadtentwässerung war es das Hauptziel, Flexibilitäten im Energieverbrauch zu erkennen, um auf die Volatilität der erneuerbaren Energien reagieren zu können. So wurde eine energetische Begutachtung der Abwasserbehandlung auf der Kläranlage, des Abwassertransports im Kanalnetz und der Abwasserüberleitung durchgeführt. Neben der kurzfristigen Erhöhung des Energieverbrauches zur Dämpfung von Lastspitzen wurden Möglichkeiten zur temporären Senkung des Energieverbrauches diskutiert. Für die Abwasserbehandlung Dresdens ist es wichtig, dass der Abwassertransport im Mischsystem erfolgt. Im Mischwasser- bzw. Regenwetterfall wird neben häuslichem und gewerblichem Schmutzwasser auch Regenwasser transportiert. Aus energetischer Sicht müssen diese aufgrund der Belastungszustände unterschiedlich betrachtet werden.



1.850 km
Kanalnetz – damit erreichen wir insgesamt 700.000 Kunden im Bereich der Landeshauptstadt Dresden sowie in den Landkreisen Meißen und Sächsische Schweiz-Osterzgebirge.

▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Sportstätten und Eisbahnen als flexible Lasten**

Die Priorisierung der vorhandenen Lastverschiebepotenziale hat gezeigt, dass neben den typischen Flexibilitäten durch Belüftung und Klimatisierung insbesondere bei der Stadtentwässerung sowie in Sportstätten grundsätzlich erhebliche Potenziale zur Lastverschiebung vorhanden sind. Eine prioritäre Umsetzung dieser Potenziale erscheint vielversprechend, da insbesondere die involvierten Akteure eine hohe Unterstützungsbereitschaft aufweisen und die realisierbaren Potenziale vergleichsweise groß sind. Entsprechend wurde im weiteren Projektverlauf auf diese beiden Themen fokussiert.

In den Sportstätten kommt das größte Flexibilitätspotenzial aus den Kälteprozessen für die Kühlung der Eisbahnen. Ein Energiegrobkonzept zeigt auf, wie die vorhandenen Flexibilitäten gehoben werden können und wie darüber hinaus Energieeffizienz und Sektorkopplung einen wirtschaftlichen Beitrag zum Betrieb leisten können. Es umfasst fünf Kernbausteine (Energiemanagement, Photovoltaikanlage, Batteriespeicher, E-Mobilität und BHKW), die im Zusammenspiel wirtschaftlich vorteilhaft sind. Dank des Energiemanagementsystems sind die Voraussetzungen geschaffen,



„Die Stadtentwässerung Dresden setzt mit einem ökologisch und ökonomisch optimierten Abwassermanagement auf kommunaler Ebene neue Maßstäbe. Um auch als Großverbraucher die Kläranlage künftig klimaneutral betreiben zu können, werden in WindNODE nachhaltige Ideen wie die Aktivierung von Stauraum bei extremen Niederschlägen in innovativen Projekten zur Abflusssteuerung untersucht.“

Gunda Röstel

Stadtentwässerung Dresden GmbH,
Kaufmännische Geschäftsführerin und
Mitglied im Nationalen Wasserstoffrat
der Bundesregierung

um Lastverschiebungen zu realisieren. Vor dem Hintergrund mangelnder regulatorischer Voraussetzungen (u.a. fehlende Preissignale und starre Netzentgelte) kann eine Umsetzung in die Praxis jedoch vorerst nicht erfolgen.

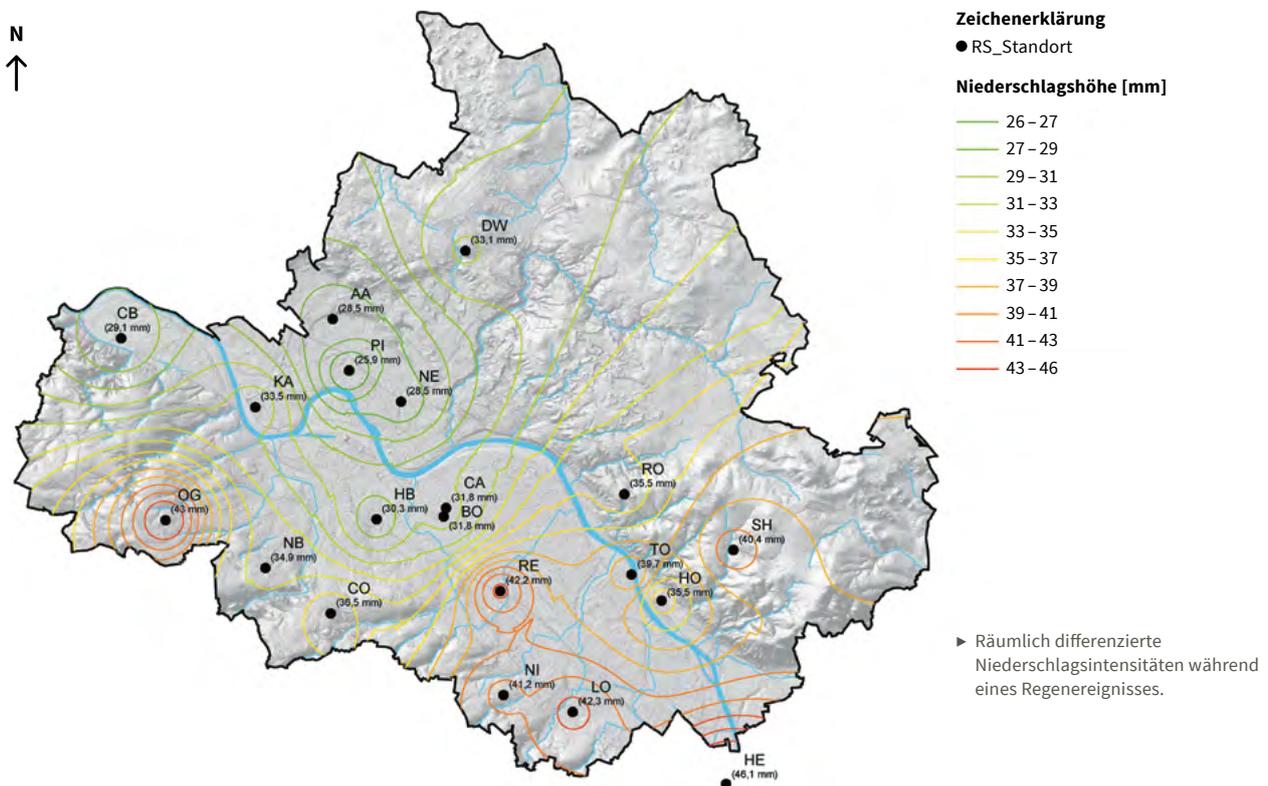
Für den Abwassertransport im Kanalnetz der Stadtentwässerung mit einem jährlichen Energiebedarf von 420 MWh ist eine Evaluierung des Gesamtenergieverbrauches aufgrund der Kleinteiligkeit der eingesetzten Aggregate und deren temporären Einsatzes nur für Anlagen mit einem Betriebsstundenzähler möglich. Von 87 installierten Pumpwerken sind 66 Schmutzwasserpumpwerke mit einer Nennleistung von 462 kW mit Betriebsstundenzählern ausgestattet. Deren abgerufene Leistung beträgt im Mittel 50 kW (1.150 kWh/d) und ist im Wesentlichen vom Schmutzwasseraufkommen abhängig. Da die Anlagen für die schadlose Ableitung des anfallenden Abwassers notwendig sind und die vorhandenen Pumpenanlagen nicht für die Umsetzung eines Speicher-managements dimensioniert wurden, können die Abwasserpumpen nicht zum Lastausgleich genutzt werden. Das gilt auch im Kanalnetz für die vorhandenen Mischwasserspeicher. Zudem ist wegen der wasserrechtlichen Genehmigungssituation und aus betrieblichen Aspekten – wie z.B. der Gefahr von Bauwerksschäden, der Vorversäuerung des Abwassers oder der Geruchsbelastigung – eine Nutzung des Netzvolumens von 91.200 m³ nicht möglich.

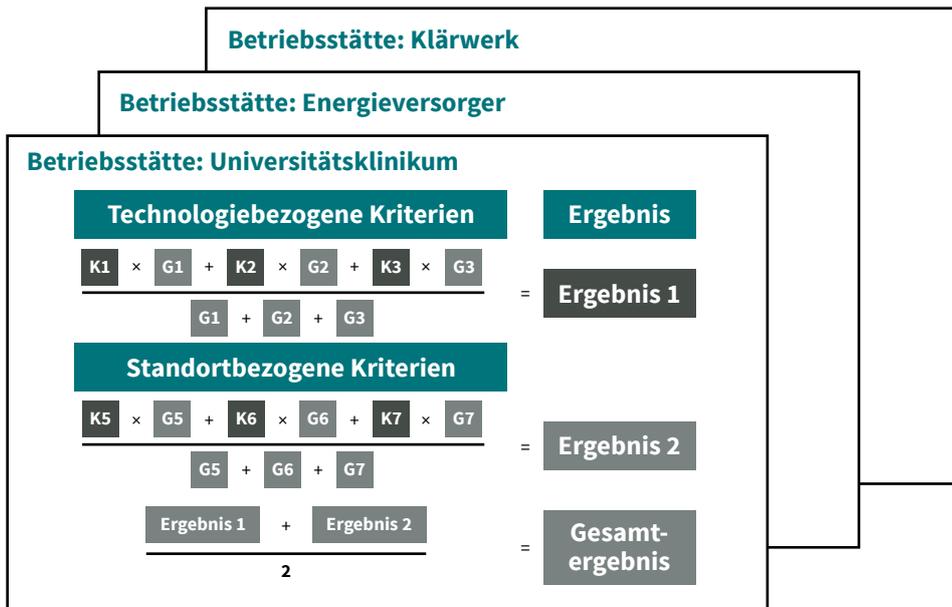
Energieverbrauch der Abwasserbehandlung:

23,5
GWh
pro Jahr

► FAZIT UND AUSBLICK // **Fehlender regulatorischer Rahmen**

Für die Realisierung von Lastverschiebepotenzialen fehlen gegenwärtig die regulatorischen Voraussetzungen. Die Unsicherheit hemmt die Umsetzung von Projekten, und zwar insbesondere da entsprechende Märkte fehlen. Dennoch ist es wichtig, das Thema mitzudenken und in der Politik zu adressieren, damit die Potenziale genutzt werden können, wenn die Voraussetzungen erfüllt werden. Zumindest am Beispiel der Sportstätten konnte gezeigt werden, dass es wirtschaftliche Anwendungsfelder gibt.





▲ Methodik zur Bewertung von Flexibilitätsoptionen.



K Kriterium



G Gewichtung

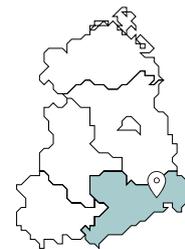
Für den Bereich des Abwassertransportes besteht keine Möglichkeit des flexiblen energetischen Lastmanagements, da das Kanalnetz und die zur Verfügung stehenden Rückhaltevolumina des Mischwassernetzes eine kritische Funktion im Überflutungs- und Gewässerschutz einnehmen. Im Prozess der Abwasser- bzw. der nachgeordneten Schlammbehandlung besteht ein temporär befristetes Potenzial zur Senkung sowie zur Erhöhung des Energieverbrauches (zusätzliche Belüftung). Aufgrund der Abhängigkeit des Energiebedarfs der Abwasserbehandlungsanlage von der abwasserseitigen Belastung und dem Einfluss durch Regenwetterereignisse stehen diese Potenziale für ein flexibles Lastmanagement nicht ohne Weiteres zur Verfügung. Die Bedeutung von dezentralen Abwasserbehandlungsanlagen bzw. die Effekte von Abwasserüberleitungen auf den Energiebedarf im Tagesgang eines Einzugsgebietes ist bei der Umsetzung etwaiger Konzepte genauer zu prüfen. Insbesondere die Verschiebung der stofflichen Lastspitze (Stickstoff) aus einem Überleitungsgebiet zur zentralen Kläranlage kann infolge der Transportwege momentan nur unzureichend energetisch quantifiziert werden.

▼ Hochwasserpumpwerk und Regenüberlaufbecken Dresden-Johannstadt.



TAP
8.3

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten identifizieren



► **Titel des Teilarbeitspakets**
Modellregion Dresden/Kommunale Lastverschiebepotenziale

► **Förderkennzeichen**
03SIN521

► **Partner des Projekts**
▷ **VERBUNDPARTNER**
Landeshauptstadt Dresden

► **Kontakt**
Gerold Fritsche
T +49 351 822-1119
gerold.fritsche@se-dresden.de

► **Besuchbare Orte**
Kläranlage Dresden-Kaditz
Scharfenberger Straße 152
01139 Dresden

Es wird um vorherige Online-Anmeldung gebeten.

▷ **BESUCHERANFRAGEN AN**
Sebastian Perkams
T +49 351 822-2020



Weitere Infos unter
www.stadtentwaesserung-dresden.de



▲ Der Lumenion-Hochtemperatur-Stahlspeicher in Berlin-Reinickendorf.

Stahl macht Wind und Photovoltaik als Strom und Wärme speicherbar

In einem Wohnquartier der Gewobag im Berliner Bezirk Reinickendorf ermöglicht ein neuartiger Hochtemperaturspeicher die sichere und netzdienliche Strom- und Wärmeversorgung aus regionaler erneuerbarer Energie. Das Speicher-Start-up Lumenion hat innerhalb eines Jahres einen aus Stahl bestehenden 2,4-MWh-Speicherblock errichtet und in die von Vattenfall Energy Solutions betriebene Quartierstrom- und Nahwärmeversorgung integriert.



„Dieses Pilotprojekt mit der Gewobag und Vattenfall Energy Solutions ist ein wichtiger Meilenstein für unsere Technologie, aber auch für eine ebenso zügige wie kosteneffiziente Dekarbonisierung unseres Energiesystems. Unsere Stahlspeicher machen saubere Energie zeitversetzt nutzbar – und zwar sowohl als Wärme als auch als Strom. Wir planen deshalb schon weitere Systeme mit 40 und sogar mit 600 MWh.“

Hanno Balzer
Geschäftsführer,
Lumenion GmbH

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Sektorkopplender Speicher im kommerziellen Einsatz**

Im Reinickendorfer Pilotprojekt wird der neuartige Stahlspeicher als Teil von WindNODE im kommerziellen Einsatz erprobt und in den regelmäßigen Betrieb überführt. Dazu wird der Speicher mit einem bestehenden gasbetriebenen Blockheizkraftwerk (BHKW) der Vattenfall Energy Solutions GmbH in die Quartierstrom- und Nahwärmeversorgung des Gewobag-Wohnquartiers integriert. Der Speicher nimmt temporär nicht benötigte Stromspitzen auf und speist diese bei Bedarf in die Wärmeversorgung ein. Die Anlage kann zu einem späteren Zeitpunkt auch noch um einen Stromgenerator erweitert werden. Aufgrund der aktuellen regulatorischen Rahmenbedingungen lässt sich eine Rückverstromung aber derzeit nicht wirtschaftlich umsetzen.

► PROJEKTERGEBNISSE // **Wichtiger Meilenstein für die erfolgreiche Skalierung**

Für Lumenion war das Projekt ein wichtiger Meilenstein für die erfolgreiche Skalierung der neuen Technologie – derzeit sind bereits weitere Systeme mit 40 und 600 MWh in Planung. Die innovativen Stahlspeicher machen saubere Energie zeitversetzt nutzbar – und zwar sowohl als Wärme als auch als Strom. Die Lumenion-Technologie speichert Erzeugungsspitzen aus regional erzeugter Wind- und Sonnenenergie netzdienlich und platzeffizient bei bis zu 650 °C. Dazu wird über eine elektrische Heizung ein Speicherkern aus Stahl erhitzt. Stahl eignet sich besonders gut für Hochtemperaturspeicher, weil er sich aufgrund

650 °C



Lumenion speichert Spitzen von Wind- und Sonnenergie für wenige Cent Speicherkosten bei 650 °C in Stahlelementen. Diese Energie kann dann zeitversetzt rückverstromt und/oder als Prozess-, Fern- oder Nahwärme genutzt werden.

seiner Wärmeleiteigenschaften gut und sehr günstig erhitzen lässt – und gleichzeitig sehr große Mengen Energie auf kleinem Raum speichern kann.

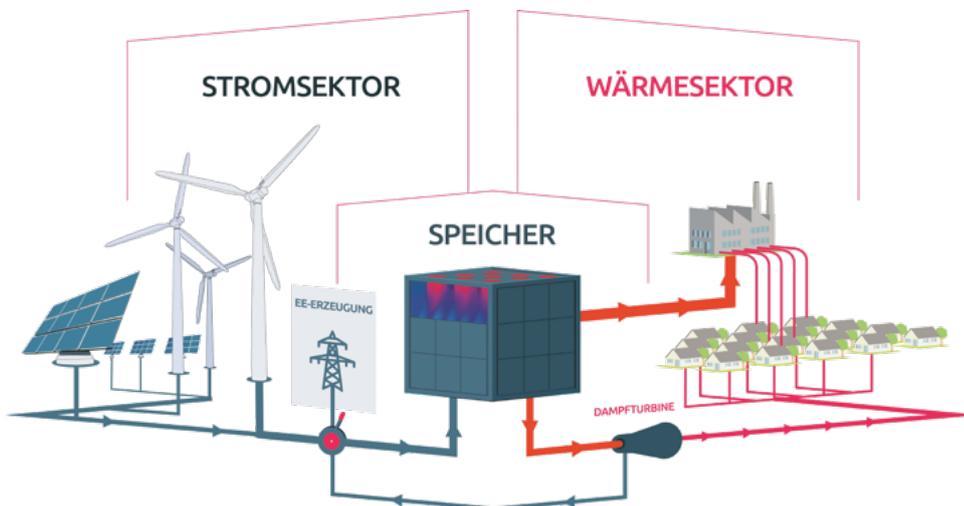
Dank der hohen Speichertemperaturen kann die gespeicherte Energie prinzipiell bei Bedarf mittels Turbineneinheit rückverstromt oder vollständig zum Heizen oder zur Bereitstellung von Trinkwarmwasser genutzt werden. Rund die Hälfte der in Deutschland verwendeten Energie wird als Wärme genutzt – für Trinkwarmwasser, zum Heizen und für industrielle Verarbeitungsprozesse. Zukünftig sollen im Zuge der Sektorkopplung Erzeugungsspitzen aus Wind- und Solarenergieanlagen in Wärme umgewandelt werden. Mit dieser Technologie kann auch dieser Sektor Schritt für Schritt dekarbonisiert werden.

Lumenion hatte zuvor bereits mit einem 450 kWh großen Prototyp auf dem Campus der Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) in Oberschöneweide Regelung und Betriebsführung des innovativen Speichers erfolgreich getestet.

Innerhalb des Gewobag-Stadtquartiers verbessert der Hochtemperaturspeicher die CO₂-Bilanz für 700 Wohneinheiten durch die dezentrale Speicherung von Strom als Wärme. Die Aufnahmeleistung beträgt 360 kVA, die wir in Stufen von viermal 90 kVA zum Testen und Demonstrieren von unterschiedlichen Stromaufnahmeszenarien nutzen.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // Effiziente Integration von Wind und PV durch Sektorkopplung

Viele reden von dezentralen, sektorkoppelnden Anlagen als wichtigem Baustein einer emissionslosen Energieversorgung. Wir zeigen innerhalb unseres WindNODE-Beitrags zusammen mit unseren Partnern der Gewobag und Vattenfall Energy Solutions GmbH, wie die Sektoren Wärme und Strom kostengünstig und CO₂-reduzierend verbunden werden. Für diesen innovativen Ansatz bietet WindNODE eine wichtige Plattform, die sowohl die technischen Rahmenbedingungen für eine neuartige systemische Sektorkopplungslösung als auch die Erprobung für eine großflächige Skalierung bietet.

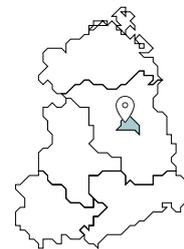


▲ Speichermodell Lumenion-Hochtemperaturspeicher.



TAP
8.4

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten identifizieren



► Titel des Teilarbeitspakets

Vergleich und Transfer von Quartierskonzepten

► Förderkennzeichen

03SIN504

► Partner des Projekts

▷ VERBUNDPARTNER

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH

▷ ASSOZIIERTE PARTNER

degewo netzWerk GmbH

eZeit-Ingenieure GmbH

GEWOBAG ED Energie- und Dienstleistungsgesellschaft mbH

Lumenion GmbH

► Kontakt

Dr. Constanze Adolf
T +49 30 55570510
constanze.adolf@lumenion.com

► Besuchbare Orte

Pilotanlage
Hochtemperatur-Stahlspeicher
Bottroper Weg 6
13507 Berlin
Nach Anmeldung

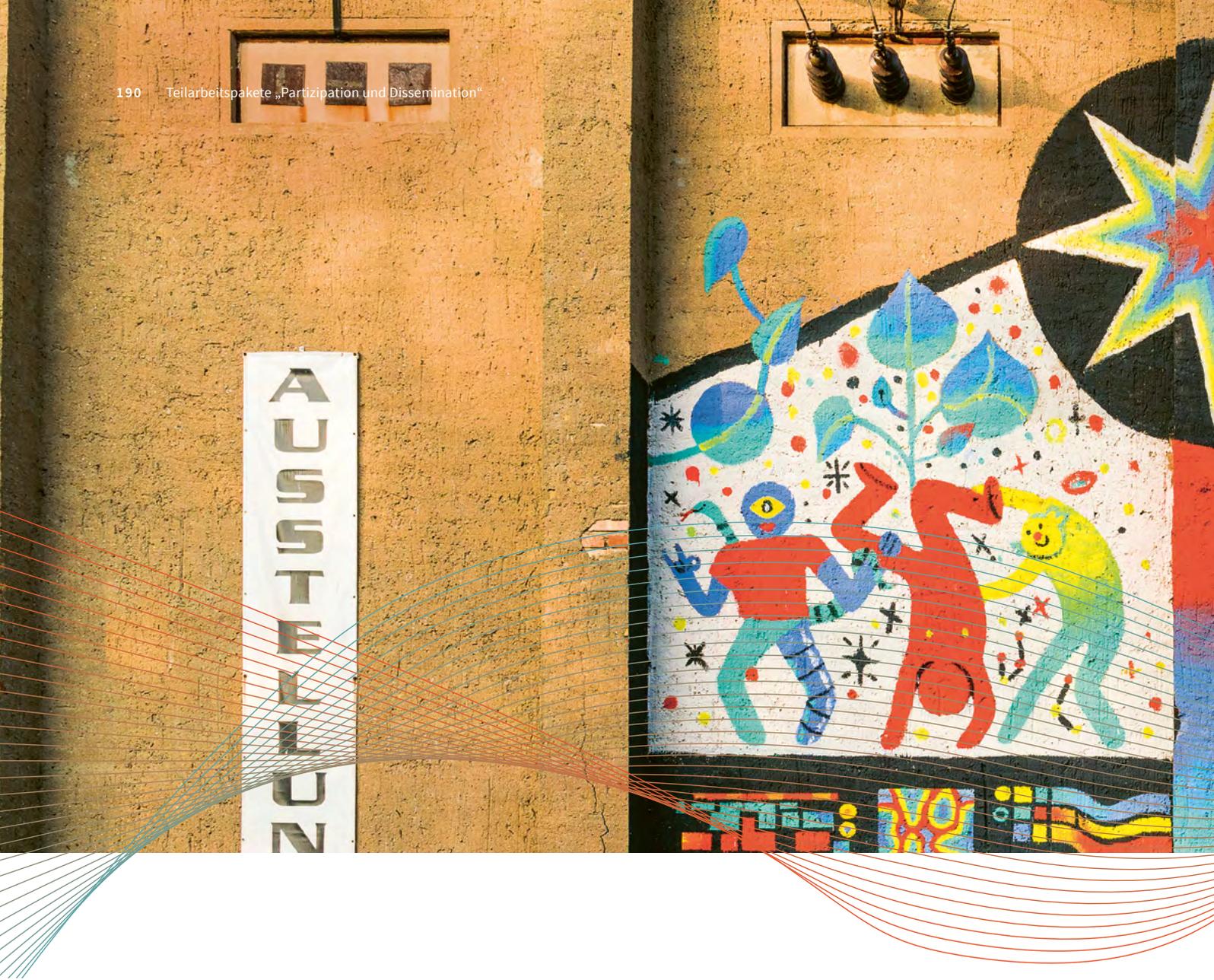
▷ BESUCHERANFRAGEN AN

constanze.adolf@lumenion.com



Weitere Infos unter

www.lumenion.com
www.gewobag.de



Beteiligte Partner



190 – 211



Partizipation und Dissemination

WindNODE ist ein Schaufensterprojekt und versteht sich als Einladung zum Mitmachen: Menschen sollen für die Energiewende begeistert werden, ihre eigene Rolle darin entdecken und frische Ideen für ein intelligentes Energiesystem einbringen können.

Gleichzeitig werden in diesem Arbeitspaket nationale und internationale Kontakte geknüpft, an Normen und Standards gearbeitet und neue Märkte für die Partner und ihre Technologien erschlossen. Denn WindNODE ist ein Verbundprojekt, in dem übertragbare Musterlösungen (Blaupausen) entwickelt werden, die auch anderswo die Energiewende voranbringen können – national und international.



Das Arbeitspaket 9 wird von Wolfgang Korek und Benjamin Horn (Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH) ehrenamtlich koordiniert.



▲ WindNODE-Showroom im Foyer von 50Hertz nahe dem Berliner Hauptbahnhof.

WindNODE-Showroom Energiewende

Eine transparente und verständliche Energiewende ist enorm wichtig, um Akzeptanz für den laufenden Transformationsprozess zu schaffen. Mit dem „WindNODE-Showroom Energiewende“ schafft 50Hertz Verständnis für das Zusammenspiel von Energiewende, Netz und Markt im intelligenten Energiesystem der WindNODE-Region.



„Als ein ‚besuchbarer Ort‘ im Schaufenster für intelligente Energie sorgt 50Hertz mit dem WindNODE-Showroom dafür, die ebenso spannenden wie komplexen Zusammenhänge der Energiewende verständlich zu machen – für alle Interessierten, die unser Netzquartier besuchen. Denn Akzeptanz und Partizipation beginnen mit Information. Hierzu hat WindNODE einen wichtigen Beitrag geleistet.“

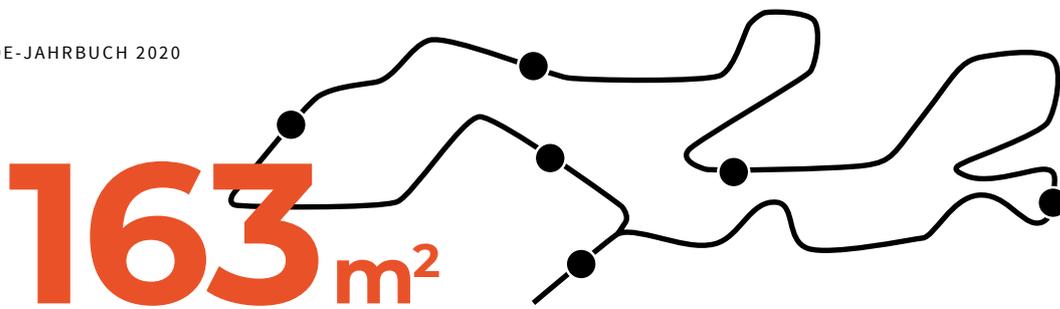
Dr. Dirk Biermann
Geschäftsführer Märkte und Systembetrieb,
50Hertz Transmission GmbH

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Energiewende zum Anfassen**

Der „WindNODE-Showroom Energiewende“ hat das Ziel, die Forschungsinhalte und -ergebnisse von WindNODE als ein Schaufensterprojekt für alle Interessierten so anschaulich und verständlich wie möglich zu machen. Dabei ist es wichtig, die Stakeholder einzubeziehen. Denn der Auf- und Umbau eines tragfähigen und sicheren Energiesystems der Zukunft muss mit großer Akzeptanz stattfinden.

Die Energiewende ist bei Stakeholdern sehr präsent. Das bezieht sich auf den Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung an Land und auf See, den dazugehörigen Ausbau von Stromnetzen, die Entwicklung der Strompreise – bzw. von Abgaben und Umlagen.

Diese Entwicklungen können jedoch nicht isoliert, sondern nur ganzheitlich betrachtet werden. Die rechtlichen, regulatorischen, technischen, betriebs- und volkswirtschaftlichen Hintergründe sind entsprechend komplex und erklärungsbedürftig.



gestaltete Ausstellungsfläche mit zahlreichen Themen zu Lösungen der Energiewende

▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Hintergründe erklärt**

Der „WindNODE-Showroom Energiewende“ macht viele Hintergründe verständlicher. Dazu wurde im Gebäude von 50Hertz in der Mitte Berlins ein besuchbarer Ort eingerichtet, an dem man sich zu unterschiedlichen Themen informieren kann. Über die WindNODE-Projektlaufzeit hinweg werden bis Frühjahr 2020 an diesem Ort laufend weitere spannende Themen präsentiert.

Aktuell können sich Besucherinnen und Besucher zu folgenden Fragen informieren:

- ▶ Was steckt hinter den Herausforderungen der Energiewende für Markt, Netz und System?
- ▶ Wie helfen WindNODE-Projekte, um diese Herausforderungen zu meistern?
- ▶ Wie steht es um die aktuelle Netzbelastung im 50Hertz-Netzgebiet?
- ▶ Wie erleben die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Systemführung die Herausforderungen im Zuge der Energiewende?
- ▶ Wie können Smart-Meter-Daten eingesetzt werden, um das Stromsystem auch in Zukunft sicher und effizient zu betreiben?
- ▶ Wie kann die WindNODE-Flexibilitätsplattform dazu beitragen, das teure Abregeln von Windkraftanlagen zu reduzieren?
- ▶ Welche Rolle spielt die Sektorkopplung in einem zukünftigen Energiesystem?



- ▶ Die Aufgaben von 50Hertz in der virtuellen Realität erleben.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // **Ergebnisse zum Erleben**

Besonderes Highlight der Ausstellung ist die Möglichkeit, den Alltag in der Leitwarte von 50Hertz und die Aufgaben der Systemführer in der virtuellen Realität interaktiv erleben zu können. Zum Beispiel werden Nutzerinnen und Nutzer Regelleistung zur Stabilisierung der Netzfrequenz einsetzen oder bei Netzengpässen durch die Regelung von Erzeugungsanlagen reagieren. In diesen Szenarien werden Hintergründe zu verschiedenen angrenzenden Themen erläutert.

Mit diesen Formaten kann ein tiefgehendes Verständnis der Nutzerinnen und Nutzer für die Zusammenhänge und Wichtigkeit der Energiewende erreicht werden. All das dient gleichzeitig für einen Stakeholderdialog und fördert die Partizipation an der Energiewende.



TAP
9.1

HANDLUNGSFELD
Reallabor entwickeln



▶ **Titel des Teilarbeitspakets**

WindNODE-Showroom
Energiewende

▶ **Förderkennzeichen**

03SIN500

▶ **Partner des Projekts**

▷ VERBUNDPARTNER

50Hertz Transmission GmbH

▷ ASSOZIIERTER PARTNER

Iberdrola Renovables Offshore
Deutschland GmbH

▶ **Kontakt**

Dr. Georg Meyer-Braune
T +49 30 51502133
georg.meyer-braune@50hertz.com

▶ **Besuchbare Orte**

WindNODE-Showroom
Energiewende
Heidestraße 2
10557 Berlin
Nach Anmeldung

▷ **BESUCHERANFRAGEN AN**

georg.meyer-braune@50hertz.com



Weitere Infos unter
www.50hertz.com

WindNODE Live! – Schaufenster zum Mit- und Nachmachen

Unter der Überschrift „Beteiligung und Verbreitung“ wurden von Berlin Partner verschiedene Fachveranstaltungen organisiert und eine mobile Ausstellung geschaffen, die dem Publikum einen Überblick über die WindNODE-Aktivitäten gibt. Ein weiterer Schwerpunkt waren die kreativen Beiträge von „Energy meets Art“ der TU Berlin.

▼ Der Staatssekretär in der Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe Christian Rickerts informiert sich am Diorama-Tisch von WindNODE Live!.





▲ Animation zur Energiewende – Entwicklung und Produktion eines kunstvoll gestalteten Erklärvideos (TU Berlin in Zusammenarbeit mit dem Animationsstudio Monströös).

Mit der mobilen Ausstellung wurden den Besucherinnen und Besuchern in den vergangenen drei Jahren die WindNODE-Partner und ihre Arbeitspakete vorgestellt. Die Ausstellung reiste dafür an über 20 Orte. Die Projekthighlights wurden hervorgehoben, die besuchbaren Orte dargestellt und die Essenz der Arbeitspakete in animierten Grafiken auf einer tischgroßen Landkarte von Nordostdeutschland per Bild- und Tonspur abgebildet. Dabei konnten die Besucherinnen und Besucher aus der Vogelperspektive tiefer in die Inhalte der Arbeitspakete eintauchen. Das Ausstellungsensemble hat insbesondere für die Außenkommunikation attraktive Bilder geliefert, welche in den sozialen Medien großen Anklang fanden.

Auch die lokale Presse berichtete in einigen Fällen von der Ausstellungseröffnung vor Ort. An den unterschiedlichen Orten wurden verschiedene Zielgruppen erreicht, vom einfachen Konsumenten über den interessierten Laien bis hin zum Fachpublikum. Durch interaktive Elemente wurden die Besucherinnen und Besucher aktiv einbezogen, sodass sie sich die Inhalte spielerisch erobern konnten. Auf diese Weise konnte WindNODE in dieser Ausstellungsform viel zum Wissenstransfer beitragen.

Im Rahmen des Teilvorhabens wurden verschiedene Expertendialoge zu Sektorkopplung und Flexibilitäten im intelligenten Energiesystem geführt. Diese Veranstaltungen richteten sich stärker als die mobile Ausstellung an das Fachpublikum und fanden auf Expertenniveau, jedoch mit sehr unterschiedlichen Ausrichtungen, statt. So wurden Expertendialoge auf den Berliner Energietagen 2017 und 2018 zur Digitalisierung als Treiber der Sektorkopplung und zur systemstabilisierenden Wirkung der Sektorkopplung auf kommunaler Ebene organisiert. Es wurden Workshops zu den besuchbaren Orten der Energiewende und zu Flexibilitäten im intelligenten Energiesystem durchgeführt. Auf der re:publica19 wurde in einer eigenen Session die Frage gestellt: „In der Schlagwortfalle: Digitalisierung, Energiewende, Big Data und was hat das mit mir zu tun?“.

Zusätzlich wurden Veranstaltungsformate erprobt, die die Vernetzung zu anderen Branchen herstellten. Diese jährlich stattfindenden Cross-Industry-Foren orientierten sich dabei jeweils an den Herausforderungen der Energiewende und der Quervernetzung zur Gesundheitsbranche (Tag der Energiewirtschaft 2017), dem Mobilitätssektors (Crossing Industries, Coupling Sectors 2018 bei Siemens) und der Informations- und Kommunikationstechnologie (DIGITAL.CLEAN.ENERGY Barcamp 2019). Insgesamt wurden in 11 verschiedenen Fachveranstaltungen zwischen 2017 und 2019 ca. 1.100 Fachexperten erreicht.

Im Rahmen von „Energy meets Art“ wurden inter- und transdisziplinäre Objekte und Beiträge zur Emotionalisierung und Visualisierung der Energiewende aus den Bereichen Energie, Kunst, Architektur und Ökologie entwickelt. Hierzu findet sich ein Special Feature auf S. 220.



„Die Herausforderung, das Potenzial und die Chancen einer Energiewende auf ‚anfassbarer‘ Weise darzustellen, kann etwas in den Menschen anstoßen, mit Mitteln der Aufklärung 2.0 – also nicht nur auf der rein intellektuellen Ebene. Dieser Impuls ist wertvoll, denn die Energiewende ist ein Gemeinschaftsprojekt.“

Roland Strehlke
Manager Kommunikation
Bereich Energietechnik,
Berlin Partner für Wirtschaft und
Technologie GmbH



▲ Energy drop. Energie in Form eines in eine Windkraftanlage eingebauten Hubspeichers sammeln und zeitversetzt nutzen – studentische Entwurfsarbeit (TU Berlin in Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Modell + Design).

Im Projekt wurden drei Schwerpunkte gesetzt: erstens, die Kooperation mit Künstlern, die Kunstobjekte zum Thema Energiewende kreiert haben, zweitens, eine Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Ingo Uhlig aus dem Fachgebiet Energiesysteme der TU Berlin zum Thema weltweit existierende Kunstbeiträge zu Klima, Ökologie, Energie sowie Ressourcen und drittens, die Durchführung von Studienprojekten der Studiengänge Ökologie und Umweltplanung, Architektur sowie Kunst und Design.

▷ HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Akzeptanz und Aha-Erlebnisse**

Um die Energiewende zu meistern, braucht es Akzeptanz in der Bevölkerung, die durch Wissen und Information unterfüttert werden muss. Deswegen wurden die Besucherinnen und Besucher von WindNODE Live! über die Inhalte des Schaufensterprojekts, die beteiligten WindNODE-Partner und die Themen in einem mobilen „begehbaren Inhaltsverzeichnis“ informiert und aufgeklärt, auch um dadurch das ein oder andere Aha-Erlebnis zu ermöglichen.

Im Vergleich dazu war es das Ziel von „Energy meets Art“, den technischen Fortschritt durch die Energiewende zu analysieren und sichtbar zu machen. Es galt, die nationalen und globalen Chancen des „Deutschen Energiewegs“ attraktiv und innovativ darzustellen. Dazu entwickelte „Energy meets Art“ eine gemeinsame Plattform zur Vernetzung von Künstlern, Studierenden und Energieexperten zur gegenseitigen Inspiration. Auf dieser Plattform wurden Ausstellungsbeiträge zum Wissenstransfer erstellt, aus denen ein Katalog entstand, der die Ergebnisse der Begegnungen innerhalb von „Energy meets Art“ präsentiert.

▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Ausstellung, Comics, Filme und Kunst**

Die Ausstellung war bis Ende 2019 an 20 Orten zu sehen. In 2020 sollen fünf weitere Stationen dazukommen. Hochgerechnet kam es dabei zu rund 20.000 Kontakten. Die Presse in Dresden und Rostock berichtete über die Ausstellungseröffnung.

Im Rahmen des Projekts „Energy meets Art“ entstanden über 40 Beiträge in Form von Postern, Filmen, Comics sowie Objekten und Kunstwerken. Die Beiträge werden für Ausstellungen aller Art zur Verfügung gestellt und in einem gedruckten Katalog anschaulich präsentiert. Einige der Beiträge sowie die Filme sind bereits auf der Internetplattform von WindNODE und bei YouTube online verfügbar, weitere sind über QR-Codes in einem Katalog abrufbar.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // **Gute Argumente vs. einfache Erklärungsmuster**



Nein, Großvater, kein Smart PHONE - ein Smart HOME, ein intelligentes Haus. Das regelt alles Wichtige für dich und du musst nicht mehr an alles denken. Zum Beispiel gehen die Rollos dann abends alleine runter, wenn du nicht dran denkst.



▲ Wind of change. Illustrierte Kurzgeschichte, die im Kontext des Umbaus der Energieversorgung und der damit verbundenen, auch technischen Weiterentwicklung des Menschen steht (TU Berlin in Zusammenarbeit mit dem Kinderbuchautor, Illustrator und Comicautor Thilo Krapp).



▲ Zentrales Element der Wanderausstellung: der Diorama-Tisch mit anvisierbaren 3D-Elementen auf der Landkarte der WindNODE-Region.

Im Rahmen von WindNODE Live! wurde deutlich, wie schwierig es ist, unterschiedliche Gruppen über die Zielsetzungen der digitalen Energiewende, verbunden mit den Herausforderungen von Sektorkopplung und Flexibilitäten, zu informieren und durch einen höheren Wissensstand die Akzeptanz zu steigern. Auch initiierte Diskussionen von Fachexperten bewegten sich daher oft an der Oberfläche. Als Lerneffekt zeigte sich aber, dass Antworten auf die einfache Frage, wie die Sektorkopplung erfolgreich umgesetzt werden könnte, auf das immer gleiche Erklärungsmuster („der Regulator ist in der Pflicht“) zurückfielen. Durch Anpassung der Fragestellungen und Ausgestaltung der Diskussionsformate konnte diesem Erklärungsmuster entgegengewirkt werden. Gleichzeitig wurde deutlich, wie hoch der symbolische Wert von Fachveranstaltungen, aber insbesondere einem Format wie WindNODE Live! in der Außenwirkung des Schaufensters als physische Anlaufstelle und Ort der Auseinandersetzung mit dem Themengebiet ist. Akzeptanz und Partizipation finden nur in geringem Maße online oder in sozialen Medien statt, die einen Diskurs lediglich begleiten können. „Analoge“ Angebote wie eine mobile Ausstellung oder Fachevents haben in diesem Sinne eine nach wie vor hohe Wirkung.

▷ WAS HEMMT DIE ENERGIEWENDE?

Die Energiewende wird zwar von einem breiten gesellschaftlichen Konsens getragen, aber nur von einem sehr kleinen Teil der Gesellschaft inhaltlich verstanden und durchdrungen. Die Komplexität, insbesondere in der gesetzlichen Ausgestaltung, stellt eines der Hauptthemen der Energiewende dar, da sie abschreckend wirkt und das Potenzial für neue, digitale Geschäftsmodelle einschränkt, die einen wesentlichen Fortschritt bei der Integration von erneuerbaren Energien ins Energiesystem bedeuten könnten.



verschiedene Stationen hat die mobile Ausstellung „WindNODE Live!“ in den Jahren 2018 bis 2020 absolviert. Es wurden dabei alle sechs Bundesländer der WindNODE-Region besucht und ca. 20.000 Personen mit dem Schaufenster und seinen Inhalten konfrontiert.



TAP
9.2

HANDLUNGSFELD
Reallabor entwickeln



► Titel des Teilarbeitspakets

WindNODE Live! – Das begehbare Inhaltsverzeichnis

► Förderkennzeichen

03SIN05

► Partner des Projekts

▷ VERBUNDPARTNER

Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH

Technische Universität Berlin,
Institut für Ökologie, Fachgebiet
Standortkunde/Bodenschutz

► Kontakt

Berlin Partner für Wirtschaft und
Technologie GmbH
T +49 30 463020
windnode@berlin-partner.de

► Besuchbare Orte

Wanderausstellung „WindNODE Live!“

windnode@berlin-partner.de

aktuelle Stationen unter:

[www.windnode.de/ergebnisse/
energie-und-gesellschaft/
windnode-live/](http://www.windnode.de/ergebnisse/energie-und-gesellschaft/windnode-live/)

sowie „Energy meets Art“ unter:

[www.windnode.de/ergebnisse/
energie-und-gesellschaft/
energy-meets-art/](http://www.windnode.de/ergebnisse/energie-und-gesellschaft/energy-meets-art/)

▷ BESUCHERANFRAGEN AN

windnode@berlin-partner.de



Weitere Infos unter
www.berlin-partner.de

WindNODE Challenge – Energiewende gemeinsam gestalten

Über kreative Wettbewerbsformate und kooperative Lernspielansätze beteiligte Berlin Partner externe Akteure am Schaufenster mit dem Ziel, die Akzeptanz für die Energiewende zu steigern. Zusätzlich entstand in Kooperation mit dem Borderstep Institut eine Studie über Inkubationsprogramme in der Energiewirtschaft.



„Die Energiewende betrifft uns alle. Unorthodoxe Beiträge können dabei einen wesentlichen Mehrwert zum Gelingen generieren. Diese Aussagen nicht nur als leere Phrase zu nutzen, sondern aktiv zu leben, ist eines der wesentlichen Vermächtnisse der WindNODE Challenge.“

Benjamin Horn
Projektmanager Energiertechnik,
Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // Zugänge zum Schaufenster ermöglichen Akzeptanz

Eine der Herausforderungen bei einem Schaufensterprojekt von den Ausmaßen von WindNODE besteht darin, die Projektarbeiten und -ergebnisse auch für Externe zu öffnen. Gleichzeitig zeigen verschiedene Untersuchungen, dass die Akzeptanz der Energiewende aufgrund steigender Umlagen und lokaler Belastungen durch den Infrastrukturausbau in den vergangenen Jahren häufig auf die Probe gestellt wurde. Daraus ergaben sich zwei Kernzielsetzungen der WindNODE Challenge: externen Akteuren einen Zugang zu WindNODE zu eröffnen und im gleichen Zuge etwas zur Akzeptanzsteigerung der Energiewende beizutragen. Dabei wurden insbesondere Zielgruppen wie Studierende oder Start-ups adressiert. So entstand begleitend zu den jährlich stattfindenden WindNODE Challenges eine Studie, die sich explizit und erstmalig mit dem Aufkommen von Inkubations- und Akzelerationsprogrammen in der Energiewirtschaft befasste. Die Studie fokussierte sich schwerpunktmäßig, aber nicht ausschließlich auf die WindNODE-Region.

▼ Aktiv in der Energiewende – beim Rollenspiel „Energy Transition Game“ der WindNODE Challenge 2019 konnten die Mitspieler als Minister, Start-up-Gründer oder Energieversorger weitreichende Entscheidungen in puncto Energiewende treffen.





▲ Die Finalisten der WindNODE Challenge 2018 bei der Siegerehrung am 5. Dezember 2018 in Berlin.

▷ **PROJEKTERGEBNISSE // Neue Erkenntnisse durch experimentelle Formate**

Es wurden für die erste Challenge im Jahr 2018 innovative Lösungsvorschläge zu den Themen Stadtwerke der Zukunft, Integration der Elektromobilität, Zukunft der Smart Meter und Begeisterung für die Energiewende gesucht. Es gewann Solmove mit der Smart Solar Street, einer intelligenten Solarstraße, die pro Quadratmeter 100 kWh sauberen Strom erzeugt. Ellery Studio wurden für das Solar Punk Festival 2018 (SPF18) mit dem zweiten Platz geehrt. Das SPF18 brachte ab Ende August 30 Menschen – NGOs, Wissenschaftler, Künstler und Studenten – zusammen. Durch wissenschaftliche Vorträge, Methoden des Design Thinking und der Zukunftsforschung entstand im Laufe der mehrtägigen Veranstaltung eine begehbare Installation, die „Solar Capsule“. Fresh Energy belegte mit seiner App, die individuelle Stromverbrauchsdaten von einem Smart Meter mithilfe komplexer Algorithmen analysiert, den dritten Platz. Die WindNODE Challenge 2019 erprobte das Energy Transition Game, ein Rollenspiel zur Energiewende. Das Spiel verfolgt den Ansatz des „Serious Gaming“. Dabei schlüpfen die Teilnehmer in neue Rollen und übernehmen als Minister, NGO oder Kraftwerks- und Netzbetreiber Verantwortung – und erleben völlig unerwartete Auswirkungen des Klimawandels. Mit einem Computer im Hintergrund werden die Spielstände mithilfe von Algorithmen analysiert und nach jeder Spielrunde der Status quo berechnet. Entwickelt wurde das Spiel vom Centre for Systems Solutions und vom Think-Do-Tank Thema1. Für das Jahr 2020 bestand die Herausforderung darin, die Energiewende in einer Minute im Videoformat darzustellen. Alles war möglich, und alles ist denkbar. Ob Spielfilm oder Animation, ob Doku oder Science-Fiction – die Sieger aus den eingegangenen Beiträgen werden mit insgesamt 4.000 Euro prämiert.

▷ **FAZIT UND AUSBLICK // Qualitativer vs. quantitativer Ansatz bei der Akzeptanzsteigerung**

Ein wesentlicher Lerneffekt war es, anzuerkennen, dass sich die Aktivitäten sehr stark in einer häufig auch regional begrenzten Blase von Wissensträgern und fachlich Interessierten bewegten. Dem sollte durch eine kreative Ausgestaltung der Formate entgegengewirkt werden. Die Erkenntnisse der WindNODE Challenge können für die Ausgestaltung von Teilnahmenmaßnahmen an zukünftigen Forschungsvorhaben genutzt werden, um einerseits einen angemessenen Mitteleinsatz zu planen und andererseits aufzuzeigen, welche Maßnahmen große Bevölkerungsschichten erreichen können und welche sich eher an ausgewählte Kreise richten, in ihrer qualitativen Ausrichtung aber ein höheres Gewicht besitzen können.

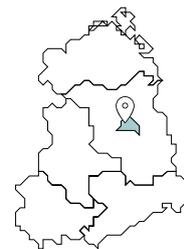
80% 

der Teilnehmer der WindNODE Challenge 2019 (Energy Transition Game) stimmten der Aussage zu, dass Serious Games bei Nichtexperten dazu beitragen können, den Wissensstand und das Verständnis der Energiewende zu erhöhen.



TAP
9.3

HANDLUNGSFELD
Reallabor entwickeln



► **Titel des Teilarbeitspakets**

WindNODE Challenge – Energiewende gemeinsam gestalten

► **Förderkennzeichen**

03SIN05

► **Partner des Projekts**

▷ **VERBUNDPARTNER**

Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH

▷ **ASSOZIIERTE PARTNER**

Berlin-Brandenburg Energy Network e. V.

KIC InnoEnergy Germany GmbH

▷ **UNTERAUFTRAGNEHMER**

B.A.U.M. Consult GmbH

► **Kontakt**

Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH
T +49 30 46302-0
windnode@berlin-partner.de



Weitere Infos unter
www.berlin-partner.de



▲ Internationaler Delegationsbesuch auf dem Berlin Partner-Stand der E-Word 2020 in Essen.

Internationale Vernetzung und Benchmarking

Die Strahlkraft eines Schaufensterprojekts von der Größe von WindNODE wirkt nicht nur in die nordostdeutsche Region, sondern auch über die Landesgrenzen hinaus. Um dies zu gewährleisten, veranstaltete Berlin Partner internationale Fachevents und empfing internationale Delegationen. Energy Saxony erstellte eine Benchmarkingstudie zum fachlichen Vergleich der WindNODE-Ergebnisse auf internationalem Level.



„WindNODE hat über regionale und nationale Grenzen hinaus praktikable Lösungsansätze für die Energiewende aufgezeigt. Dadurch sind neue Kooperationen, Netzwerke und Partnerschaften zwischen Energieregionen möglich geworden.“

Wolfgang Korek
Bereichsleiter Energietechnik und
Clustermanager Energietechnik,
Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // Internationaler Export von Ideen

Die internationale Vernetzung hat zwei Komponenten: Export der Energiewende „Made in Germany“ und den internationalen Erfahrungsaustausch. Um WindNODE international bekannt zu machen und die Ergebnisse zu teilen, war es wichtig, Anknüpfungspunkte an internationale Akteure zu finden. Hierzu wurden verschiedene Ansätze verfolgt: Berlin Partner betätigte sich bei der Organisation von Fachveranstaltungen, z. B. einem Vernetzungsevent in Brüssel mit anderen europäischen Energieregionen, und bei der Durchführung des Urban Energy Forums in den Jahren 2018 bis 2020.

Energy Saxony erstellte eine Benchmarkingsystematik, mit der die zentralen Herausforderungen und Lösungsansätze des WindNODE-Konsortiums mit anderen europäischen Vorhaben verglichen und bewertet werden konnten. Die daraus entstandene Studie zeigt, wie in anderen Teilen Europas Flexibilitäten im Stromnetz integriert werden, und gibt so einen Überblick über verschiedene Instrumente und deren Anwendbarkeit auf hiesige Bedingungen.

30



Delegationsempfänge, Roadshows, Vorträge im internationalen Kontext, Messe- und Konferenzpräsenzen konnten allein im Arbeitspaket 9.4 realisiert werden. Bei WindNODE insgesamt sind es unzählige mehr.

► PROJEKTERGEBNISSE // Qualitativer Vergleich im europäischen Kontext

Der Erfolg internationaler Vernetzungsevents wurde durch Kooperationen und Partnerschaften noch gesteigert. Dazu wurde bei der Organisation des Urban Energy Forums von 2018 bis 2020 eng mit dem Berlin-Brandenburg Energy Network kooperiert. Das Urban Energy Forum konnte dabei als internationales B2B-Event als Teil der Berlin Energy Week und offizielles Side Event zum Berlin Energy Transition Dialogue des Bundeswirtschaftsministeriums und des Auswärtigen Amtes etabliert werden.

Die Benchmarkingstudie enthält Empfehlungen für zu implementierende technische und regulatorische Maßnahmen auf Basis eines qualitativen Vergleichs im europäischen Kontext. Die zugrunde liegende Systematik ist als Tool auf ähnliche Fragestellungen im Bereich Intelligente Netze anwendbar.

► FAZIT UND AUSBLICK // Energiewende der verschiedenen Geschwindigkeiten

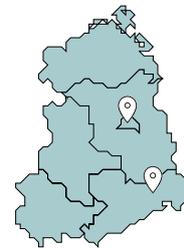
Bei den Aktivitäten zur Vernetzung mit internationalen Partnern wurde das unterschiedliche Niveau der Energiewendeintegration innerhalb Europas deutlich. Insbesondere die Herausforderung der Integration großer Mengen erneuerbaren Stroms in das Energiesystem und die damit verbundenen Netzengpässe waren für manche internationale Partner nur schwer verständlich, da andere Länder sich oft noch ganz am Beginn eines Energiewendeprozesses befinden. Nichtsdestotrotz können von diesen Ländern durchaus hilfreiche Impulse ausgehen, wenn es beispielsweise um die Entwicklung digitaler Services geht, die sich an den energiewirtschaftlichen Herausforderungen der WindNODE-Regionen orientieren.

▼ Der internationale Erfahrungsaustausch wurde neben dem Urban Energy Forum auch in andere WindNODE-Fachveranstaltungen, z. B. auf der re:publica19, integriert.



TAP
9.4

HANDLUNGSFELD
Reallabor entwickeln



► Titel des Teilarbeitspakets

WindNODE: Internationale Vernetzung und Benchmarking

► Förderkennzeichen

03SIN05

► Partner des Projekts

► VERBUNDPARTNER

Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH
Energy Saxony e. V.

► ASSOZIIERTE PARTNER

Berlin-Brandenburg Energy Network e. V.
KIC InnoEnergy Germany GmbH
Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur GmbH

► Kontakt

Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH
T +49 30 46302-0
info@berlin-partner.de

Energy Saxony e. V.
Kramergasse 2
01067 Dresden
info@energy-saxony.net



Weitere Infos unter

www.berlin-partner.de
www.energy-saxony.net



▲ Die Wahl der Handkarten entscheidet: Steuerbare Einspeiser und Verbraucher als Flexibilitäts Optionen helfen, die Balance wiederherzustellen.

Hertzschlag: Ein Spiel sagt mehr als 1.000 Worte

Mit dem partizipativen Ansatz von „Hertzschlag“ wird spielerisch eine interessierte Öffentlichkeit erreicht und gleichzeitig dem Informations- und Transparenzbedarf im Bereich der Energiewende begegnet. Das Brettspiel ist in Zusammenarbeit mit einem professionellen Spieleentwickler entstanden und richtet sich insbesondere an eine junge Zielgruppe ab zwölf Jahren. Die Spielerinnen und Spieler lernen mit Spaß etwas über die Zusammenhänge des Energiesystems sowie die Stromnetze, erneuerbare Energien und Energieeffizienz. Auf diese Weise wird Klimabildung mit einem Verständnis für technische und systemische Herausforderungen kombiniert. Das Spiel soll vorrangig in Berliner Schulen eingesetzt werden. Hierzu erhalten die Lehrkräfte didaktisches Begleitmaterial zur Vorbereitung einer Unterrichtseinheit.

▷ HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Der Weg zum Spiel**

Etliche Studien zeigen, dass sich die Öffentlichkeit zum Thema Energiewende nicht ausreichend informiert fühlt. In der Energiewende sind Stromnetze ein wesentliches Bindeglied und erfüllen eine wesentliche Rolle bei der Aufnahme erneuerbarer Energien und neuer Verbraucher wie Elektromobilität. Als städtischer Verteilungsnetzbetreiber sind wir jedoch zumeist „unterirdisch“ aktiv und werden daher von der Öffentlichkeit nicht wahrgenommen. Deshalb war uns ein partizipatives Arbeitspaket bei WindNODE wichtig, um damit die in vielen Teilen ungreifbare Welt des Energiesystems besser begreifbar zu machen. Somit war die Idee geboren, ein auf WindNODE ausgerichtetes Spiel zu entwickeln, das die Möglichkeit eines persönlichen Erlebens der Zusammenhänge bietet.

▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Das fertige Spiel**

3.000 Spiele sind produziert, und erste Klassen haben das fertige Spiel erfolgreich getestet. Für das Gelingen des Projekts waren folgende Schritte besonders wichtig:

Spieleentwickler: Um eine funktionierende Methodik für das Spiel zu haben, war es als Grundlage wichtig, dafür einen passenden Partner zu finden – einen professionellen Spieleentwickler. Durch internes Coaching des Spieleentwicklers war es möglich, ihn in „unsere Welt“ einzuarbeiten und Zusammenhänge auf spielerisch erklärende Art auf das Brettspiel zu übertragen.

Zielgruppensegmentierung und Design Thinking: Persona-Charakteristika dienen der Entscheidung für eine Zielgruppe und wurden mit persönlichen Interviews zum Leben erweckt. Leitend für die Auswahl der Zielgruppe war, wer mit einem Spiel bestmöglich erreicht werden kann, auf welchen Wegen dies möglich ist und welches Mindestalter erforderlich ist, um die gewünschten Sachverhalte zur vermitteln.

- ▼ Bei dem für WindNODE/Stromnetz Berlin entwickelten Brettspiel können Ereigniskarten zu Wetter, Betriebsstörungen und aus dem Alltag das Energiesystem aus der Balance bringen.



„Es ist toll, zu sehen, mit welchen kreativen partizipativen Methoden eine junge Zielgruppe erreicht werden kann. Mit dem zusätzlichen Angebot des didaktischen Begleitmaterials haben wir ein für Schulen interessantes Paket zur Klimabildung geschnürt. Ich bin auf das Feedback und Weiterentwicklungsmöglichkeiten gespannt.“

Anja Lehmann
WindNODE-Teilprojektleiterin,
Stakeholdermanagement &
Kommunikation,
Stromnetz Berlin GmbH





„Die Energiewende ist ein hoch-relevantes Thema für unsere Gesellschaft. Klimabildung an Schulen ist wichtig, um frühzeitig Verständnis und damit Akzeptanz oder sogar die Grundlage für neue Lösungsansätze zu schaffen. Wir sehen es auch als unsere Aufgabe an, jungen Menschen Zugang zu diesem komplexen Stoff zu ermöglichen. ‚Hertzschlag‘ vermittelt Wissen und macht Spaß. Wir freuen uns darauf, das Spiel den Berliner Schulen zur Verfügung zu stellen.“

Dr. Erik Landeck
Geschäftsführer,
Stromnetz Berlin GmbH

Die Wahl fiel entsprechend auf Schülerinnen und Schüler der 10. Klasse, da hier das Thema Energie auf dem Lehrplan steht. Anschließend fand mit dieser Zielgruppe ein Design-Thinking-Workshop statt. Im Workshop konnten wir die Erwartungshaltung und das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler in die Spielentwicklung einfließen lassen und die Grundidee des Spiels mit einem Prototyp kreieren.

Spielmethodik: Gemeinsam mit dem Spieleentwickler wurden Ereignis- und Handkarten entwickelt und Testspiele (u. a. mit dem Kundenbeirat von Stromnetz Berlin sowie mit Schülerinnen und Schülern) durchgeführt. Impulse unterschiedlicher Personen, mit und ohne Bezug zur Energiewirtschaft, ließen ein buntes Feld an energierelevanten Ereignissen entstehen.

Grafik und Wort-Bild-Marke: Wie soll das Spiel heißen? Den Namenswettbewerb auf dem WindNODE-Hackathon (TAP 1.3: Open Data Portal, siehe S. 68) im Jahr 2019 gewann der Titel „Hertzschlag“. Mit klarem Bezug zum Stromnetz wurde der Untertitel „Haltet das Stromnetz unter Spannung“ gewählt. Die Gestaltung des Covers und der Spielkarten wurde anschließend mit thematischem Bezug frei von einem Grafiker entworfen. Hier war es wichtig, dass auch für Außenstehende eine attraktive Bildsprache entsteht, die neugierig macht.

Didaktisches Begleitmaterial: Für den Einsatz an Schulen und um den Lehrkräften den Einstieg zu erleichtern, wurde professionelles didaktisches Begleitmaterial entwickelt. Dazu gehören eine Infobroschüre, Arbeitsblätter sowie Online-Übungen.

Verwertung: Ein Klassensatz an Spielen wird gemeinsam mit dem didaktischen Begleitmaterial allen Berliner Schulen der Sekundarstufe angeboten.

► FAZIT UND AUSBLICK // **Partizipativer Ansatz**

Im Spiel erfahren und verstehen die Schülerinnen und Schüler, wie sich der Einsatz erneuerbarer Energien, aber auch ihre eigenen Entscheidungen, politische Rahmenbedingungen und vieles mehr auf das Stromnetz auswirken.



► Spielebox, Spielplan, Ereigniskarten und Auszug aus den Spielregeln.



3.000

Spiele wurden in einer ersten Auflage produziert.

Merkmale des Spiels:

- ▷ Das Spiel ist semikooperativ. Es gibt sowohl ein gemeinsames Ziel als auch individuelle Siegpunkte.
- ▷ Grundidee ist es, dass im Spiel das Energiesystem immer in Balance, also bei 50Hertz, bleiben muss.
- ▷ Wenn das System zu sehr außer Balance gerät, haben alle verloren.
- ▷ Dabei wirkt sich jede individuelle Aktion der Spieler auf die Frequenz und damit auf die Balance aus, zudem können Ereignisse (Wetter, Betriebsstörungen im Netz o. Ä.) das System aus der Balance bringen.
- ▷ Je mehr wetterabhängige, erneuerbare Energien im Spiel sind, desto stärker wirken sich wetterabhängige Ereignisse aus. Die Bedeutung von Flexibilitätsoptionen steigt. Steuerbare Einspeiser und Verbraucher helfen, die Balance wiederherzustellen.
- ▷ Zudem haben alle Spieler das individuelle Ziel, Energiemix und Energieeffizienz zu optimieren, und erhalten jeder für sich ein Geheimziel. So kann jeder für sich gewinnen.
- ▷ Interaktionen mit den Nachbarn bringen zusätzlichen Spaß in das Spiel. An diese Absprachen kann man sich halten – oder auch nicht.

Ein Testspiel an einer Berliner Schule ist bereits erfolgreich verlaufen. Ein detaillierter Verwertungsplan für die weitere Distribution wird entwickelt und in 2020 gestartet.



▲ Ladevorgang an einem der 30 Ladeplätze am Unternehmensstandort von Stromnetz Berlin.

Besuchbarer Ort

Unabhängig vom Spiel und als zusätzliches Informationsangebot lädt Stromnetz Berlin zum Erleben eines „besuchbaren Ortes“ ein. Am Standort Eichenstraße 3a in Berlin-Treptow haben Besucherinnen und Besucher nun die Möglichkeit, aufgebaute Ladeinfrastruktur mit mehr als 30 Pkw-Stellplätzen zu besichtigen. Bei einem Rundgang in der Tiefgarage wird über die technischen Möglichkeiten zu gängigen Ladeverfahren informiert sowie Hausanschlussvarianten und Abrechnungsmöglichkeiten präsentiert und erläutert. Neben herkömmlichen Ladeboxen mit 11 kW Leistung steht dort auch ein sogenannter DC/AC-Schnelllader mit maximal 50 kW Leistung zur Verfügung.



TAP
9.5

HANDLUNGSFELD
Reallabor entwickeln



► **Titel des Teilarbeitspakets**
Strom zum Begreifen

► **Förderkennzeichen**
03SIN530

► **Partner des Projekts**

▷ **VERBUNDPARTNER**
Stromnetz Berlin GmbH

► **Kontakt**

Stromnetz Berlin
Eichenstraße 3a
12435 Berlin

Anja Lehmann
kommunikation@stromnetz-berlin.de

► **Besuchbare Orte**

Elektromobilität erfahren – die „Welt“ der Ladeinfrastruktur
Eichenstraße 3a
12435 Berlin

Nach Anmeldung

▷ **INFORMATIONEN ZUM ZUGANG**

<https://www.stromnetz.berlin/fur-berlin/windnode-besuchbarer-ort-elektromobilitat>



Weitere Infos unter

<https://www.stromnetz.berlin/fur-berlin/energiewende/verstehen-und-teilhaben>

Stadtwerke als Multiplikatoren im intelligenten Energiesystem

Stadtwerke sind mit ihren über 1.000 Unternehmen zentrale Akteure der Energiewende und können Innovationen regional in einem intelligenten Energiesystem verbreiten und implementieren. Um die Übertragung und Umsetzung innovativer Geschäftsmodelle und Partizipationserfahrungen aus dem WindNODE-Kontext kümmert sich die Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung (ASEW) in diesem Teilarbeitspaket.



„Am WindNODE-Projekt mitzuwirken bedeutet für uns, neue und innovative Geschäftsmodelle für die Stadtwerklandschaft zu identifizieren. Das Ziel: die kommunalen Energieversorger – sprich Stadtwerke – als Innovationsmultiplikatoren zu nutzen. Denn ohne ihre Beteiligung wird eine erfolgreiche Energiewende nicht funktionieren.“

Stefan Schulze-Sturm
 Projektleiter WindNODE,
 Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung (ASEW) im Verband kommunaler Unternehmen (VKU)

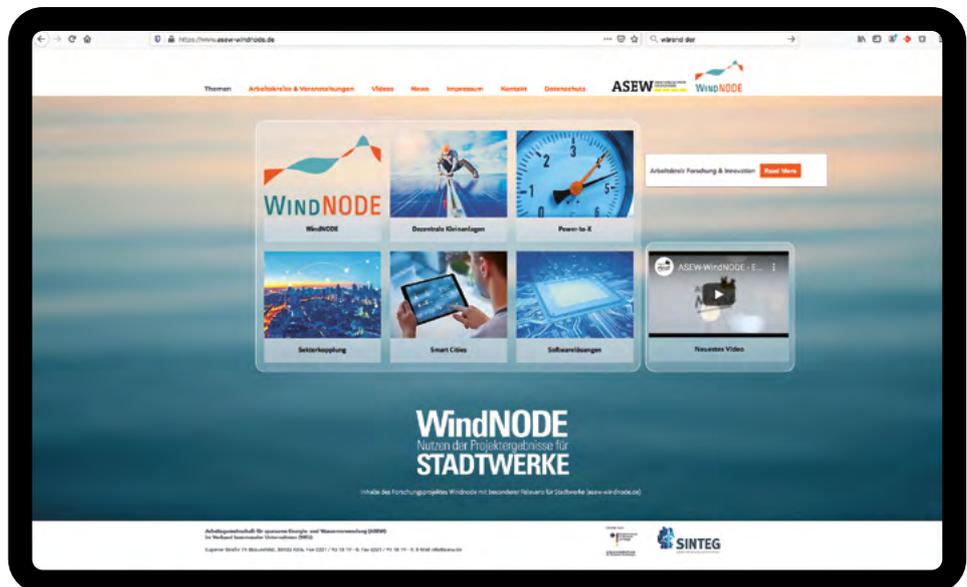
► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Stadtwerke positionieren sich zunehmend in neuen Geschäftsfeldern**

Als WindNODE-Verbundpartner streut die ASEW die Ergebnisse des Forschungsprojekts breit in verschiedene Kanäle, um so möglichst viele Personen und Unternehmen zu erreichen. Da die ASEW kommunale Energieversorger in ganz Deutschland mit innovativen Ansätzen in verschiedensten Bereichen der Energiewirtschaft versorgt, werden auch die Ergebnisse von WindNODE über verschiedene Kanäle in ebendiese Stadtwerklandschaft transportiert. Ziel ist es, dass Stadtwerke durch die Ergebnisse einzelner WindNODE-Teilprojekte Denkanstöße und Umsetzungsbeispiele für zukünftige Anwendungen bekommen. Teilweise sind deutsche Stadtwerke allerdings noch nicht so weit, dass sie sich intensiv mit Technologien auseinandersetzen, die einen derartig intensiven Forschungscharakter haben. Da sich viele Energieversorger neben dem klassischen Commodity-Geschäft rund um Strom, Gas, Wasser und Wärme zunehmend in anderen Geschäftsfeldern positionieren, ist aber davon auszugehen, dass die WindNODE-Projektergebnisse in den kommenden Jahren zunehmend interessant für Stadtwerke werden.

▼ Auf der Internetseite www.asew-windnode.de werden Teilprojekte dargestellt, die für kommunale Energieversorger eine besondere Relevanz besitzen und so zur Nachahmung anregen sollen.

Seit über
30

Jahren unterstützt die ASEW ihre Mitglieder mittlerweile in verschiedensten Bereichen der Energiewirtschaft.





- ▲ Unter anderem auf der E-World war die ASEW unterwegs, um Experteninterviews zu führen. Die so entstandenen Filme sind unter www.asew-windnode.de zu finden.

Im Rahmen von WindNODE
erstellt die ASEW

20 Filme

in enger Zusammenarbeit mit anderen
Verbund- und assoziierten Partnern.

▷ PROJEKTERGEBNISSE // **Arbeitskreistreffen, Filmaufnahmen und eine eigene Internetseite**

Die ASEW hat im Rahmen von WindNODE eine eigene Internetseite erstellt, auf welcher Teilprojekte dargestellt werden, die für Stadtwerke von besonderem Interesse sind. Unter www.asew-windnode.de können diese eingesehen werden. Darüber hinaus hat die ASEW in regelmäßigen Abständen den Arbeitskreis „Forschung & Innovation“ ausgerichtet, wo WindNODE-Partner die Möglichkeit hatten, sich mit Stadtwerken aus ganz Deutschland über die technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit der Projekte auszutauschen. In den vergangenen Jahren fand der Arbeitskreis jeweils im Rahmen der Jahresveranstaltung „ASEW im Dialog“ statt. Neben der Positionierung im Arbeitskreis wurde einzelnen WindNODE-Partnern ebenfalls die Möglichkeit gegeben, ihre Projekte in Form eines Infostandes bei „ASEW im Dialog“ zu präsentieren. Zudem realisierte die ASEW im Rahmen von WindNODE rund 20 Filme, die u. a. im YouTube-Kanal der ASEW sowie auf der Website www.asew-windnode.de öffentlich zugänglich sind. Hierbei wurden sowohl Impressionen von Messen und aus dem Arbeitskreis Forschung & Innovation eingefangen als auch vor Ort bei den jeweiligen Partnern Filmaufnahmen von Anlagen und Projektansätzen erstellt, die durch Experteninterviews ergänzt Hintergründe und Besonderheiten sehr plastisch abbilden.

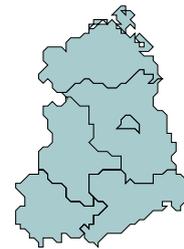
▷ FAZIT UND AUSBLICK // **Stadtwerke als Innovationsverstärker**

Stadtwerke in Deutschland sind dafür prädestiniert, Ergebnisse aus WindNODE aufzugreifen, um sie in abgewandelter Form bei sich umzusetzen und so den Anteil erneuerbarer Energien zu erhöhen oder neue Geschäftsmodelle zu erschließen. Damit aus den Erkenntnissen von WindNODE gelernt werden kann, ist es essenziell, dass Projektergebnisse langfristig aufbewahrt werden und die Verbundpartner auch noch in Jahren darstellen können, worauf es bei der Umsetzung ankommt. Denn nur durch die Übermittlung der Erfahrung können Folgeprojekte noch wirtschaftlicher und reibungsloser umgesetzt werden, was entscheidend dabei helfen kann, die Klimaschutzziele der kommenden Jahre und Jahrzehnte zu erreichen.



TAP
9.6

HANDLUNGSFELD
Reallabor entwickeln



► **Titel des Teilarbeitspakets**
Stadtwerke als Innovationsmultiplikatoren im intelligenten Energiesystem

► **Förderkennzeichen**
03SIN501

► **Partner des Projekts**

▷ **VERBUNDPARTNER**

Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung GbR im VKU

▷ **ASSOZIIERTER PARTNER**

envia Mitteldesche Energie AG

► **Kontakt**

ASEW
Eupener Straße 74
50933 Köln

Stefan Schulze-Sturm
T +49 221 93181932
schulzesturm@asew.de



Weitere Infos unter
www.asew-windnode.de



Wer die Standards setzt, der hat die Märkte

Das Deutsche Institut für Normung (DIN) und die Deutsche Kommission Elektrotechnik (DKE) befassen sich mit der Vision einer gelungenen Energiewende aus Sicht von Normung und Standardisierung. Sie legen gemeinsam mit WindNODE-Partnern den Grundstein für ein Energiesystem, das 100 Prozent erneuerbare Energie integriert. Ausgangspunkt dazu sind technische Regeln, die von der gesamten Energiewirtschaft genutzt werden. Erste Teilaspekte für ein ganzheitliches Rahmenwerk werden innerhalb von WindNODE erstellt.



„Mit WindNODE trägt DIN zur Energiewende bei und erarbeitet notwendige Regelwerke, um Energie- und Klimaziele zu erreichen.“

Friederike Nabrdalik
Junior-Projektmanagerin,
DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // Ergebnisse nutzbar machen

Normen und Standards dienen dazu, den aktuellen Stand der Technik konsensbasiert abzubilden und damit den Grundstein für eine breite, effiziente und wirtschaftliche Anwendung zu legen. Für die Erstellung von Standards sind Kooperationen in der Industrie erforderlich, um die Weiterentwicklung voranzutreiben und eine heimische Marktdurchdringung zu erreichen.

In WindNODE verfolgen DIN und DKE das Ziel, die Erkenntnisse und Entwicklungen des Schaufensters frühzeitig in Prozesse von Normung und Standardisierung einzubinden. Dies kann eine schnelle und unkomplizierte Markteinführung erleichtern.

Standards sind die Ergebnisse von Prozessen. Wenn die meisten WindNODE-Projekte zum Ende der Projektlaufzeit anfangen Früchte zu tragen, beginnt für DIN die Arbeit erst richtig, da die Projektergebnisse nun in Standards und Normen gegossen werden.



3 DIN SPECs

1 Normungsvorhaben, welches durch Normungsgremien auch nach Projektende bearbeitet wird

▷ PROJEKTERGEBNISSE // Von der Bestandsaufnahme hin zum Standard

Erster Schritt der Grundsteinlegung war eine Bestandsaufnahme existenter Normen und Standards. Entlang der fünf Schwerpunkte Energieerzeugung, Informations- und Kommunikationstechnologie, Markt, Infrastruktur und Flexibilisierung wurden eingangs relevante Normen und Standards identifiziert sowie aktuelle Aktivitäten mit Projektbezug gesichtet.

Auf dieser Basis wurde das Fundament gegossen, indem Ansätze für Standardisierungsvorhaben im Projektverlauf mit WindNODE-Partnern diskutiert und bewertet wurden. Einige dieser Vorhaben mündeten in handfeste Planungen. Die erstellten Standards (DIN SPECs) fügen sich nahtlos in bestehende technische Regelwerke ein.

Die Arbeiten unterteilen sich dabei in mehrere Standards, wie die **DIN SPEC 91410-1** zur Flexibilitätsplattform, die Anforderungen an die Teilnahme von Anbietern an einer Flexibilitätsplattform festlegt und den Handel von Flexibilität signifikant erleichtern soll. Diese DIN SPEC wurde in Zusammenarbeit aller SINTEG-Flexibilitätsplattformen entwickelt und ist somit breit anwendbar.

Weiteres Arbeitsfeld ist die **DIN SPEC 91432** zur multikriteriellen Bewertung von Energiesystemen, die eine Bewertungsmethode beinhaltet, mit der sich Energiesysteme auf Basis eines ganzheitlichen Indikatorensets hinsichtlich Klima- und Ressourcenschutz vergleichen lassen. Die Bewertung kann Aussagen zur Versorgungssicherheit sowie Wirtschaftlichkeit liefern und somit als Grundlage für öffentliche Förderentscheidungen und Transparenz gegenüber der Öffentlichkeit herangezogen werden.

Das dritte bearbeitete Vorhaben ist die Erstellung der **DIN SPEC 91410-2** zur Identifizierung und Bewertung von Flexibilität in Gebäuden und Quartieren. Dieser Leitfaden zielt darauf ab, technische und ökonomische Kriterien in Quartieren zu beschreiben und zu bewerten, sodass eine qualitative und quantitative Identifizierung von Flexibilitäten im städtischen Raum vorgenommen werden kann.



„WindNODE! Einfach mal flexibel sein – das heißt, nicht nur untätig rumstehen, sondern Standards setzen!“

Sönke Nissen
Projektmanager,
DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

▷ FAZIT UND AUSBLICK // Mit Standards das Energiesystem von morgen gestalten

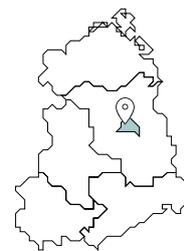
Diese Standards betreten in ihren Bereichen Neuland und geben den Anstoß für Entwicklungen hin zu einem umfassenden Rahmenwerk für das Energiesystem von morgen. Der frühe Austausch mit anderen projektinternen sowie -externen Partnern trug bereits zum jetzigen Zeitpunkt dazu bei, relevante Akteure zu vernetzen und eine Verwertung der DIN SPECs sicherzustellen. Um diese Handlungsstränge noch engmaschiger zu weben, tragen DIN und DKE aktiv zum Austausch mit Normungsgremien bei. Hierzu gehört beispielsweise das Thema der Datenmodellierung von Flexibilität, welches in einem SINTEG-weiten Workshop diskutiert wurde und an die zuständigen Normungsgremien übergeben wird.

Dadurch werden Handlungsstränge im Projekt mit Aspekten von Normung und Standardisierung verbunden. Langfristig könnten WindNODE-Standards zur internationalen Norm werden und somit aktiv zur Umgestaltung des Energiesystems sowie zur Akzeptanz in der Bevölkerung beitragen.



TAP
9.7

HANDLUNGSFELD
Flexibilitäten identifizieren
Flexibilitäten aktivieren
Reallabor entwickeln



► **Titel des Teilarbeitspakets**
Normung und Standardisierung im intelligenten Energiesystem

► **Förderkennzeichen**
03SIN548

► **Partner des Projekts**

▷ **VERBUNDPARTNER**
DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

▷ **UNTERAUFTRAGNEHMER**
DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik in DIN und VDE

► **Kontakt**
Sönke Nissen
T +49 30 26012438
Johann-Soenke.Nissen@din.de

► **Besuchbare Orte**
NormenWerk
Budapester Straße 31
10787 Berlin
Nach Anmeldung

▷ **BESUCHERANFRAGEN AN**
presse@din.de



Weitere Infos unter
<https://www.din.de/de/forschung-und-innovation>



▲ Ausstellung „Energy in Motion“ in der TU Berlin.

Kommunikativer und kultureller Wandel im Energiebereich

Die Energiewende betrifft alle Teile der Gesellschaft. Partizipation bedeutet nicht bloß Akzeptanz von vermittelten Inhalten, sondern das gemeinsame Finden neuer Lösungen in dialogischen Formaten. Das Ergebnis ist ein Bildungsschritt, der einerseits unser aller Verhalten verändert, andererseits auch zu einer Verständigung über neue Lösungen und Regeln führt. Eine Transformation wie die Energiewende bedeutet auch eine Veränderung der Gesellschaft und jedes Einzelnen.



„Der Umbau des Energiesystems berührt das Herz der Gesellschaft. Entsprechend wichtig ist es, alle Beteiligten mitzunehmen. Die Erforschung und Erprobung verschiedener Formate dazu rückt daher in den Vordergrund.“

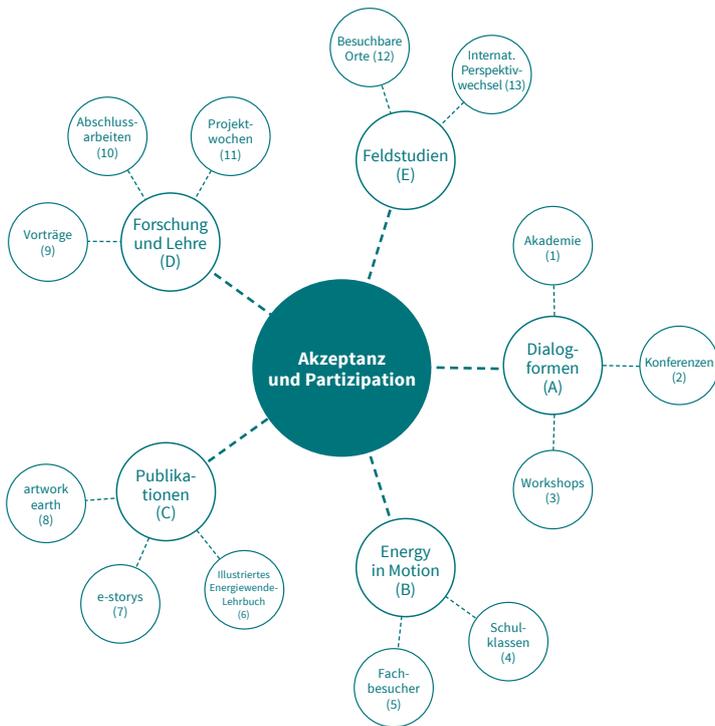
Jan Suchanek
Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
Fachgebiet Energiesysteme,
TU Berlin

► HERAUSFORDERUNG UND LÖSUNGSANSÄTZE // **Vertrauen schaffen durch Wissensvermittlung**

Partizipation und Akzeptanz sind Schlüsselvoraussetzungen für ein erfolgreiches Gelingen der Energiewende. Um Verständnis in der Öffentlichkeit zu gewinnen, muss diese aktiv adressiert und einbezogen werden. So war das Ziel, durch unterschiedliche partizipative Konzepte verschiedene Zielgruppen zu erreichen und auch schwer verständliche technische Ansätze zu erklären und erfahrbar zu machen. Hierfür wurden verschiedene Formate gewählt, und eine ausführliche Darstellung findet sich im Kapitel „Energie und Gesellschaft“, wo die Formate artwork earth (S. 244), e-stories (S. 240), Energie und Kunst (S. 234) und ein Perspektivwechsel zweier Schulklassen (S. 236) gezeigt werden.

► PROJEKTERGEBNISSE // **Energiewende und Gesellschaft**

Die **(01) WindNODE-Akademie** ist ein zentraler Hub im WindNODE-Netzwerk. Hier wird das Energiesystem der Zukunft erkundet, das nur mit der Kopplung von Sektoren funktionieren kann. Einem einstündigen Vortrag folgt eine Diskussion zwischen den Partnern von etwa gleicher Länge. So finden die neuen Ansätze des Reallabors ihre akademische Peer-to-Peer-Begleitung. Sessions mit scharfem Fokus auf aktuelle technische Lösungen und neue Geschäftsmodelle der Partner wie das Energiecockpit von enersis (S. 178) wechseln sich mit solchen ab, die ganze Sektoren oder gar die Energiewende im gesellschaftlichen



▲ Das Fachgebiet Energiesysteme verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz und nutzt unterschiedliche Formate erfolgreich.

Kontext behandeln. Hier wurden die Entwicklungen auf dem Wärmemarkt oder Energiewende-Narrative aus kulturwissenschaftlicher Perspektive betrachtet. Die Akademie mit ihren regelmäßigen Terminen und ihrem regelmäßigen Austausch wurde auch als ‚schlagendes Herz von WindNODE‘ bezeichnet.

Die Erfahrungen aus den Dialogformen wurden in **(2) Konferenzen** und **(3) Workshops** eingebracht. Die Ausstellung **(B) Energy in Motion@TU Berlin** erklärt fundamentale Zusammenhänge zum Thema Energie in anschaulicher Darstellung für ein breites **(5) (Fach-)Publikum**, vorrangig **(4) Schüler**. Was ist eigentlich Energie? Welche Formen nimmt sie an? Wie wird sie erzeugt, umgewandelt, verteilt? Und schließlich: Welches künftige Energiesystem ist kompatibel zu einer lebenswerten Zukunft? Die Ausstellung macht Appetit, sich mit dem Thema zu befassen, und dient so auch der Gewinnung neuer Studierender in den entsprechenden Fächern.

Weiterhin erarbeiten wir eine Reihe von **(C) Publikationen**. Unter anderem entsteht ein **(6) illustriertes Energiewende-Lehrbuch** über das intelligente Energiesystem der Zukunft. Hier wird auf allgemein verständliche Art das komplexe Feld der Energiewende einer breiten Leserschaft nahegebracht.

Ein weiteres, sehr populäres Format sind die **(7) e-storys** (S. 240), in denen verschiedene literarische und historische Aspekte der Energie unter der Fragestellung, wie Energieformen unser Leben prägen und geprägt haben, herausgearbeitet werden. Eine Sammlung und Bestandsaufnahme von Werken der bildenden Kunst mit Energie- und Klimabezug präsentiert die Online-Plattform **(8) artwork earth** (S. 244).

▷ FAZIT UND AUSBLICK // Partizipative und chancenorientierte Formate begeistern

Es zeigt sich, dass Begeisterung für die Themen Energiewende und Klimaschutz in allen Gesellschaftsschichten und vom Schulkind bis zum Experten vorhanden ist. Voraussetzung dafür ist, dass das Format sowie die Art und Weise der Wissensvermittlung die jeweilige Zielgruppe erreichen.

Ganzheitliche Ansätze, die die Gesellschaft nicht nur technisch, sondern vor allem sozial verändern, werden in Zukunft immer wichtiger werden und bieten viel Raum für wissenschaftliche Anknüpfungen. Auf Basis einer solch umfassenden Wissensvermittlung hat die Gesellschaft die Chance, die kommenden, alle Lebensbereiche beeinflussenden Veränderungen aktiv mitzugestalten.

Energy in Motion@TU Berlin:



Die im Juni 2019 eröffnete **300 m² Ausstellung** wurde bis Frühjahr 2020 von knapp **650 Interessierten** besucht.



TAP

9.8

HANDLUNGSFELD

Reallabor entwickeln



► Titel des Teilarbeitspakets

Die Nutzerperspektive:
Akzeptanz und Partizipation

► Förderkennzeichen

03SIN537

► Partner des Projekts

▷ VERBUNDPARTNER

Technische Universität Berlin,
Fachgebiet Energiesysteme

▷ UNTERAUFTRAGNEHMER

Maria Reinisch Marketing
Kommunikation

► Kontakt

Andreas Corusa
andreas.corusa@tu-berlin.de

Jan Suchanek
suchanek@tu-berlin.de

► Besuchbare Orte

[Energy in Motion@TU Berlin](#)
Straße des 17. Juni 135
10623 Berlin

Öffnungszeiten variieren,
Anmeldung individuell über
www.energy-in-motion.tu-berlin.de
möglich

▷ BESUCHERANFRAGEN AN

suchanek@tu-berlin.de

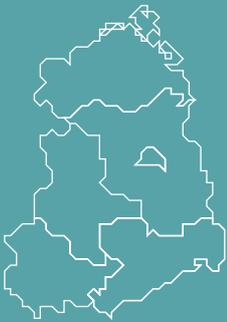


Weitere Infos unter

www.ensys.tu-berlin.de

www.artwork-earth.com

Die besuchbaren Orte



WindNODE ist ein Schaufenster für intelligente Energie: Wir entwickeln Musterlösungen und machen sie für Fachpublikum, Politik und die interessierte Öffentlichkeit sichtbar. Zugleich wollen wir zum Dialog einladen, Netzwerke knüpfen und einen positiven Blick auf die deutsche Energiewende fördern. Dafür haben wir das Konzept der „besuchbaren Orte“ entwickelt – sie sind es, die maßgeblich unser Schaufensterversprechen einlösen.

Der Begriff des „besuchbaren Orts“ ist dabei ganz wörtlich gemeint – als ein realer, physischer Ort, der von Interessierten besucht werden kann und eine Komponente aus WindNODE vorstellt: Entwicklungsarbeit und Projektergebnisse werden so (be-)greifbar, verständlich und zugänglich gemacht.

⊕ Weitere Infos unter:
www.windnode.de/ueber/schaufenster/



WindNODE Live!

Die Wanderausstellung informiert multimedial und interaktiv über die Inhalte des Schaufensterprojekts und die beteiligten Partner. Sie befindet sich während der Projektlaufzeit auf Wanderschaft durch die WindNODE-Region. Die Inhalte werden auf Deutsch und Englisch präsentiert.

MEHR ZU „WINDNODE LIVE!“
FINDEN SIE AUF S. 194 SOWIE UNTER:
WWW.WINDNODE.DE/WINDNODE-LIVE

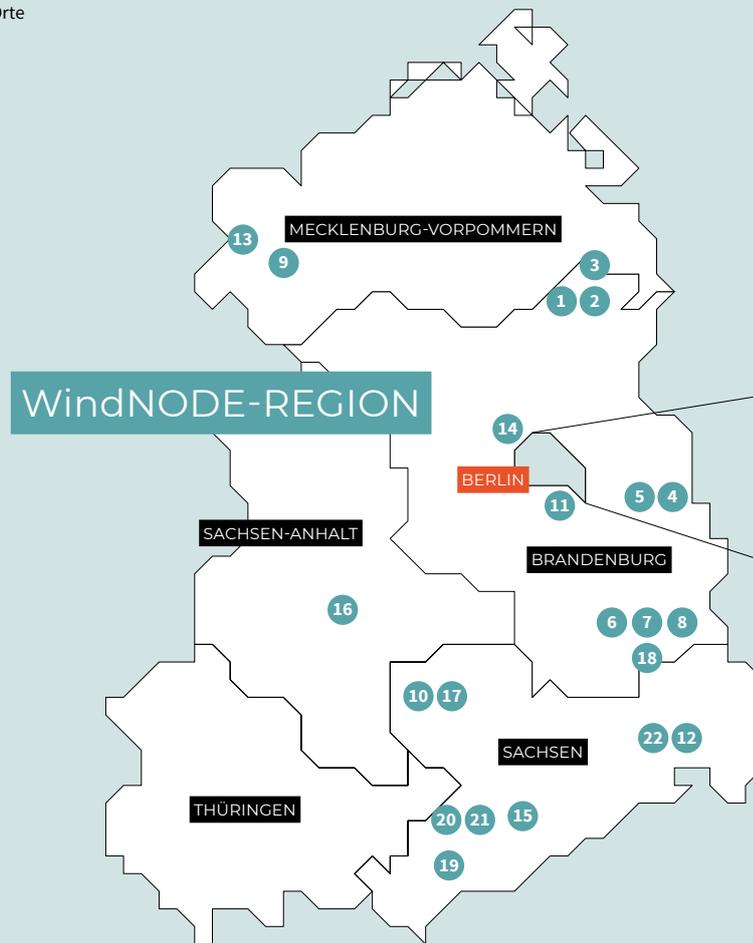
→ WindNODE im Internet

NAME	ADRESSE	SEITE
WindNODE-Energiedatenmarktplatz Fraunhofer FOKUS	https://datenmarkt.windnode.de	62
WindNODE-Flexibilitätsplattform 50Hertz, Stromnetz Berlin, WEMAG Netz, ENSO Netz, e.dis	https://www.flexplattform.de	66
WindNODE Open Data Portal Stromnetz Berlin, Fraunhofer FOKUS	https://daten.windnode.de	68
Energyhack Stromnetz Berlin, OKFN	https://www.energyhack.de	68
Erneuerbare Energien auf den Punkt genau Solandeo	https://www.erneuerbare-energie-prognosen.de	110
Nutzen der Projektergebnisse für Stadtwerke ASEW	https://www.asew-windnode.de	206
Artwork Earth TU Berlin EnSys	https://www.artwork-earth.com	244
Energy in Motion@TU Berlin TU Berlin EnSys	https://www.energy-in-motion.tu-berlin.de	210
Energie und Kunst Maria Reinisch Marketing Kommunikation, TU Berlin EnSys	https://www.energie-und-kunst.de	234
WindNODE-Energiecockpit enersis	https://windnode.grids-energycity.com/ Zugangsdaten unter: support@enersis.freshdesk.com	178



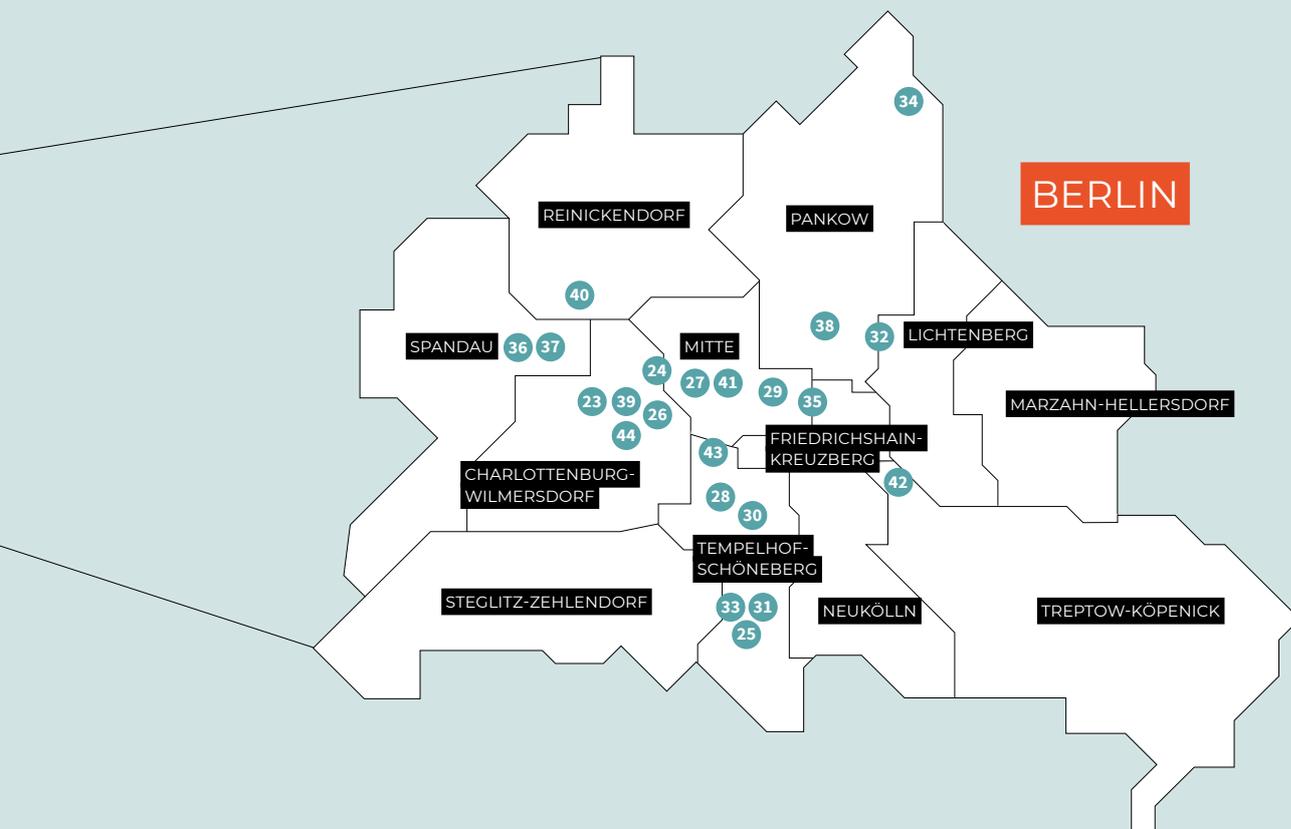
WWW.WINDNODE.DE

Alle besuchbaren Orte finden Sie auch auf unserer Website inklusive Kontakt- und Anfahrtsdaten sowie Öffnungszeiten.



→ „Besuchbare Orte“ in der WindNODE-Region

	NAME	PARTNER	TAP	SEITE
1	Hybride Kraftwerk mit Power-to-Gas-Anlage	ENERTRAG	2.2	76
2	Leitwarte des Verbundkraftwerks Uckermark	ENERTRAG	2.2	76
3	Windwärmespeicher / Power-to-Heat-Anlage	ENERTRAG	2.2	76
4	Heizkraftwerk Frankfurt (Oder)	Stadtwerke Frankfurt (Oder)	2.3	80
5	Wärmeübertragerstation 8.0	Stadtwerke Frankfurt (Oder)	2.3	80
6	Kommunale Energieleitwarte & Demonstrator Kommunales Energiemanagementsystem (KEMS)	IBAR Systemtechnik	2.4	82
7	Besuchszentrum Intelligente Energie Netze BIENE	BTU Cottbus-Senftenberg	3.2	88
8	Power System Simulator (PSS)	BTU Cottbus-Senftenberg	3.2	88
9	Batteriespeicher Lankow	WEMAG	3.3b	90
10	Handelsraum und VKW-Leitwarte	Energy2market	4.1	102
11	Netzsimulator zur Visualisierung kritischer Netzzustände	Uni Leipzig, GridLab	5.2b	122
12	Flüssigeispeicher im ILK Dresden	ILK Dresden	6.2	136
13	Demonstrator zur Fernsteuerbarkeit für flexible Power-to-Heat-Verbrauchseinrichtungen	WEMAG	6.3a	140
14	Netzpufferspeicher	Stadtwerke Hennigsdorf	6.3e	152
15	E ³ -Forschungsfabrik	Fraunhofer IWU	7.1	156
16	Industry Energy Hub VDTC	Fraunhofer IFF	7.3	160
17	BMW-Speicherfarm	BMW	7.6	168
18	Kraftwerk Schwarze Pumpe, Besucherzentrum	LEAG	7.7	172
19	ubineum	SenerTec, WHZ, ZEV	8.1a	176
20	Energiespeicher 5	WHZ	8.1a	176
21	Base Tower	WHZ	8.1a	176
22	Kläranlage Dresden-Kaditz	Dresden Landeshauptstadt	8.3	184



→ „Besuchbare Orte“ in Berlin

	NAME	PARTNER	TAP	SEITE
23	eGovernment-Labor und IT4Energy-Zentrum	Fraunhofer FOKUS	1.1/1.3	62/68
24	Pumacy Technologies Solution Center	Pumacy	1.4	70
25	Audi Power Storage	Belectric	2.1	74
26	Echtzeitlabor Energiewende	TU SENSE	3.1	86
27	Kaufland-Schaufensterfiliale	Green Cycle	4.2	104
28	Lidl-Schaufensterfiliale und -Batteriespeicher	Green Cycle	4.2	104
29	Offenes Büro zu Rechtsfragen	IKEM	5.2a	120
30	E-Mobilität als flexible Last	BSR	6.1a (BSR)	130
31	InfraLab am EUREF-Campus	Berliner Wasserbetriebe	6.1a (BWB)/7.5	132/166
32	Busbetriebshof Indira-Gandhi-Straße	BVG	6.1b	134
33	Energiewerkstatt auf dem EUREF-Campus	GASAG	6.3c	144
34	HKW Buch (5MW) mit E-Boiler	Vattenfall Wärme	6.3d	148
35	HKW Mitte (20 kW)	Vattenfall Wärme	6.3d	148
36	HKW Reuter West (120 MW) – größte Pth-Anlage Deutschlands	Vattenfall Wärme	6.3d	148
37	ZUKUNFTSRAUMENERGIE	Siemens	5.1/7.2	118/158
38	Versuchsquartier Prenzlauer Berg	Wohnungsbaugenossenschaft Zentrum	8.2	180
39	Smart Energy Testbed und Smart Home Showroom	TU DAI-Labor	8.2	180
40	Pilotanlage Hochtemperatur-Stahlspeicher	Lumenion	8.4	188
41	WindNODE-Showroom Energiewende	50Hertz	9.1	192
42	Elektromobilität erfahren – die „Welt“ der Ladeinfrastruktur	Stromnetz Berlin	9.5	202
43	NormenWerk	DIN	9.7	208
44	Energy in Motion	TU Berlin	9.8	210

WindNODE weltweit

WindNODE war während seiner gesamten Laufzeit auch ein internationales Schaufenster für Nordostdeutschland und hat zusammen mit seinen verschiedenen Partnern die Region weltweit beworben.

Von Nordamerika über Europa bis Zentral- und Ostasien war WindNODE präsent und entwickelte zu einigen internationalen Partnern enge Beziehungen. Davon zeugt beispielsweise der gute Kontakt mit der japanischen NEDO ebenso wie mit Partnern in Nordamerika.



► Delegationsreise

1 Roadshow in den USA und Kanada



Gemeinsam mit der Parlamentarischen Staatssekretärin im BMWi, Iris Gleicke, und auf Einladung von GTAI (Germany Trade and Invest) präsentiert sich WindNODE auf einer Roadshow in Nordamerika.
12.–16.06.2017 ► USA, Los Angeles und Kanada, Toronto

► Vortrag

2 IKEM Sustainable Energy Academy



Auf Einladung der Interamerican Development Bank und IKEM präsentiert WindNODE die ersten Projektergebnisse. Großes Interesse speziell an den Erfahrungen mit der Regulatory Sandbox SINTEG-V.
06.–09.12.2017 ► USA, Washington D. C.

► Workshop

3 Early Adopters, Disruptors and the Energy Transition

Gemeinsam mit der Britischen Botschaft richtet WindNODE einen Workshop beim Clean Energy Ministerial 2018 aus.
22.05.2018 ► Schweden, Malmö

► Konferenz

4 Energy Transition World Forum, Keynote: Grid integration of renewable energies. 16.05.2019 ► Niederlande, Amsterdam

► Tagung

5 Präsentation von WindNODE bei einer Jahrestagung für nachhaltige Entwicklung an der University of Cambridge. 21.07.2017 ► Vereinigtes Königreich, Cambridge

► Workshop

6 From Energiewende to Energy Transition: European Perspectives on Smart Energy Systems



Berlin Partner organisiert als Teil des WindNODE International Network eine Diskussionsplattform in Brüssel.
24.–27.10.2017 ► Belgien, Brüssel

► Delegationsreise

7 Gemeinsam mit dem Regierenden Bürgermeister von Berlin, Michael Müller, ist WindNODE beim Smart City Expo World Congress. 13.–14.11.2018 ► Spanien, Barcelona

► Messe

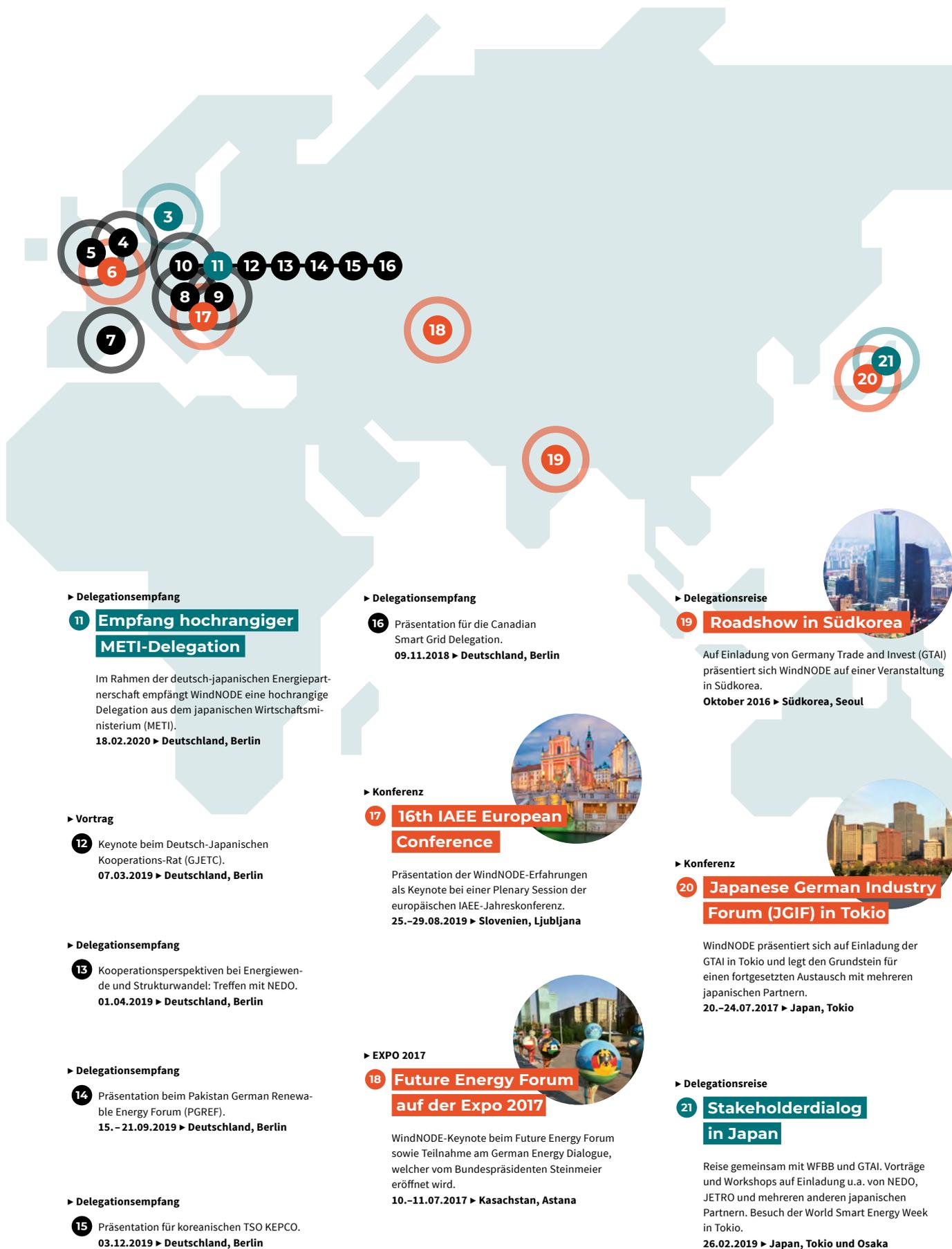
8 Round Table „Demonstrationsprojekte der neuen Energiewelt – erste Erfahrungen“ bei der Smart Energy Systems Week Austria 2017. 16.–17.05.2017 ► Österreich, Graz

► Messe

9 Präsentation bei der European Utility Week. 06.–09.11.2018 ► Österreich, Wien

► Delegationsempfang

10 Besuch der NEDO in der Lausitz. Diskussion zu Anknüpfungspunkten in der Systemintegration und der Steuerung/Einbindung von innovativen Batteriesystemen. 11.09.2019 ► Deutschland, Cottbus



Unser Antrieb

In WindNODE arbeiten mehr als 70 Partner mit insgesamt über 400 Kolleginnen und Kollegen gemeinsam an einer positiven Vision der Energiewende. Im Lenkungskreis repräsentieren sieben institutionelle Mitglieder die WindNODE-Partner und kümmern sich um die strategische Ausrichtung des Verbundprojekts.



„Die Projektlaufzeit von WindNODE verging in Windeseile, und jeder Tag war spannend und brachte neue Verbindungen und Erkenntnisse. Mich hat besonders der offene und konstruktive Austausch zwischen den Projektpartnern und im Lenkungskreis begeistert. Für diesen Spirit danke ich allen Beteiligten und wünsche uns viele weitere Verknüpfungspunkte auch nach dem Ende des Projekts.“

Olaf Ziemann
Sonderbeauftragter Energiewende und Systemführung,
50Hertz Transmission GmbH



„Gemeinsam mit unseren Partnern entwickelten wir in WindNODE zukunftsweisende Lösungen für das urbane Verteilungsnetz der Zukunft. Mit den Schwerpunkten Digitalisierung und Partizipation unterstützen wir den Weg der Hauptstadt in Richtung Klimaneutralität. Die Projektergebnisse und wertvollen Erfahrungen im WindNODE-Projekt werden wir langfristig in unsere betriebliche Praxis überführen.“

Claudia Rathfux
Leiterin Kunden- und Marktbeziehungen,
Stromnetz Berlin GmbH



„Der Weg, unseren Energiebedarf zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energiequellen zu decken, ist lang und muss mit interdisziplinärem Know-how besritten werden. Nur eine starke Symbiose aus Wirtschaft und Wissenschaft, wie sie in WindNODE Alltag ist, kann sich dieser Herausforderung effektiv stellen.“

Dr. Armin Wolf
Leiter IT4Energy-Zentrum,
Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS



„Mit WindNODE ist es uns gelungen, grundlegende Voraussetzungen für eine hundertprozentige Versorgung mit erneuerbarer Energie im 50Hertz-Netzgebiet zu schaffen. Unsere Lösungen stoßen in vielen Ländern auf großes Interesse und sind eine hervorragende Basis für weitere Kooperationen und konkrete Implementierungsschritte.“

Lukas Rohleder
Geschäftsführer,
Energy Saxony e. V.



„WindNODE zeigt, wie die Energiewende gelingen kann. Speziell die Flexibilisierung des Verbrauchs spielt dabei eine wichtige Rolle. Industrielle Lasten können hier durch Automatisierung und Digitalisierung, aber auch durch KI-gestützte Prognoseverfahren und damit einhergehende Lastverschiebungen einen signifikanten Beitrag leisten.“

Danny Günther
Vertriebsabteilungsleiter Digital Grid (Region Ost),
Siemens AG



„Energiewende findet nicht im isolierten Raum statt – sie betrifft Stadt und Land gleichermaßen, sie koppelt Strom-, Wärme- und Verkehrssektoren über Bundesländer hinweg und erfordert Lösungen, die für Menschen in ländlichen wie in urbanen Räumen gleichermaßen praktikabel und akzeptabel sind. Dafür arbeiten wir, und dafür steht WindNODE wie kein anderes Schaufenster.“

Wolfgang Korek
Bereichsleiter Energietechnik,
Berlin Partner für Wirtschaft und
Technologie GmbH



Klaus Henschke
Clustermanager Energietechnik,
Wirtschaftsförderung Land
Brandenburg GmbH (WFBB)



Benjamin Horn
Senior Manager Innovation,
Berlin Partner für Wissenschaft und
Technologie GmbH

Wir bedanken uns herzlich bei den ehemaligen Lenkungsreis-Mitgliedern, die mit großem Engagement ganz wesentlich zum Gelingen von WindNODE beigetragen haben.



Dr. Peter Eulenhöfer
Wirtschaftsförderung
Land Brandenburg GmbH
(WFBB)



Dr. Robert Franke
ehemals
Energy Saxony e. V.



Gregor Hampel
ehemals
Stromnetz Berlin GmbH



Dr. Dietmar Laß
ehemals
Wirtschaftsförderung
Land Brandenburg GmbH
(WFBB)



Prof. Dr. Ina Schieferdecker
ehemals
Fraunhofer-Institut für
Offene Kommunikationssysteme FOKUS



Dr. Alexander Willner
Fraunhofer-Institut für
Offene Kommunikationssysteme FOKUS



Sebastian Witt
ehemals
Wirtschaftsförderung
Land Brandenburg GmbH
(WFBB)

Special



Energie und Gesellschaft

Energie und Gesellschaft unterliegen einer ständigen Wechselwirkung. So hatte in der Vergangenheit die Kultur der Bergleute in den deutschen Revieren in Ost und West einen erheblichen kulturbildenden Einfluss. Durch Tschernobyl und die aufkommende Energiewende wurde hingegen ein anderer Teil der Bevölkerung politisiert und beeinflusste maßgeblich die Agenda. Auf den folgenden Seiten finden Sie literarische und pittoreske Beiträge, die im Rahmen von WindNODE entstanden sind und auf die wechselvolle Beziehung zwischen Energie und Gesellschaft eingehen.



Feature

220 – 245

Special Feature: Energie und Gesellschaft	220
Energy meets Art	224
Energie und Kunst – Visionen einer gelungenen Energiewende	234
Perspektivwechsel auf die Energiewende	236
e-storys – elektrizität, energie & literatur	240
artwork.earth	244



Energie ist Kultur.



Paris, der Atlantik, Bitterfeld und Brandenburg, die Fidschi-Inseln ...

Energiewende und Klimaschutz sind über WindNODE, über SINTEG und auch über den Europäischen Green New Deal hinaus Projekte, die die Welt umspannen und die globalisierte Gegenwartsgesellschaft in Bewegung setzen. Zu ihnen gehört eine Vielfalt von Aktivitäten weltweit. Um von den zahlreichen möglichen Beispielen einige herauszugreifen: Die von 197 Staaten unterzeichneten Klimaverträge von Paris und der von den USA erklärte Austritt aus denselben; ein in Stockholm begonnener „Skolstrejk för klimatet“ und das Medienereignis einer Atlantiküberquerung im Segelboot; die Idee einer „hydrogen society“ in Japan; die Idee eines „Solarvalley“ bei Bitterfeld; „Man on the moon“-Narrative, die den Aufbruch in die neue Energiewelt signalisieren, der nicht weniger faszinierend ist als die erste Reise zum Mond vor

einem halben Jahrhundert. Weiterhin: Im Boden verbleibende Braunkohle in Deutschland und im Boden verbleibendes Erdgas in den Niederlanden, einem Land, das gleichzeitig begonnen hat, mit innovativen Deichbauten aus Kevlar seine flache Küste zu schützen; netzautonome Solaranlagen für frisch umgesiedelte Dörfer auf den Fidschi, deren Atolle den steigenden Wasserständen ungeschützt ausgesetzt sind; innovative Windenergiedörfer in Brandenburg, jenem Bundesland rund um Berlin, in dem eine zunehmende Versteppung beobachtet wird. Zudem populistische Rhetoriken allenthalben, nicht nur in Rio de Janeiro oder Washington, sondern auch bei „Klimawandelskeptikern“ in deutschen Parlamenten und als verbale Aggressionen, wenn „FUCK YOU GRETA“-Schriftzüge auf Autos geklebt werden.



Ikone und Widerstände

Eine solche Aufzählung setzt nicht nur den globalen Charakter von Energiewende und Klimaschutz ins Bild, sie führt auch auf direktem Weg in deren gesellschaftliche bzw. kulturelle Dimensionen. Anders formuliert: Zwischen den technisch-ökonomischen Prozessen und den ökologischen Entwicklungen entdeckt man mit Bedeutungen und Emotionen aufgeladene Bilder, hochgradig symbolische Aktionen, Ikonen und Helden, mit einer tiefen

Leidenschaft für eine bessere Zukunft. Es werden regionale, nationale oder individuelle Identitätsentwürfe verhandelt, Historisches wird mit Zukünftigem und Visionärem verknüpft, in die kommenden Herausforderungen mischen sich sowohl positive Stimmungen im Geiste entstehender Chancen als auch Widerstände. Begleitet wird der sachliche politische Diskurs von populistischen Ressentiments und sprachlichen Entgleisungen.



Aus der Steckdose?

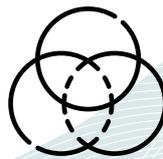
Vor diesem Hintergrund wird deutlich: Das Sprechen über Energie hat sich gewandelt, es ist kontroverser und intensiver geworden, bilderreicher, es hat sich politisiert, emotionalisiert und rhetorisch aufgeladen. Angehörige des Energiesektors stehen oft mit Anzeichen der Irritation vor der Beobachtung, dass die Energie und sie selbst ins Zentrum kultureller Auseinandersetzung gerückt sind. Vielleicht ist es an der Zeit, diesen Epochenwandel mit dem Einspruch gegen eine allzu bekannte Floskel zu verdeutlichen: Strom kommt nicht mehr einfach aus der Steckdose! Der Strom, die Energie haben Facetten dazugewonnen, sind komplexe gesellschaftliche Sachverhalte geworden, haben neue, immer stärker sichtbare kommunikative und kulturelle Dimensionen erhalten. Seit den ersten schüchternen Anfängen, die unsichtbare Ware „Strom“ mit Farben wie Grün oder Gelb zu beleben, hat sich viel getan.



Corona-Effekte: ökologische Abhängigkeit, Vulnerabilität

Um daran gleich eine These anzuschließen: Diese kulturelle Aufladung von Energie- und Ressourcenfragen wird auch nach der Corona-Pandemie und -Krise bestehen bleiben. Sie wird sich wahrscheinlich verstärken. Sicher, die Corona-Effekte sind schwer ein- und abzuschätzen, alle Spekulation dagegen leicht. Festhalten lässt sich aber, dass längst ein intensives und konkretes Nachdenken über unsere Lebensweisen und Lebensführung, über Werte- und Wertsetzung in Gang gekommen ist. Deutlich erkennen wir dabei unsere Verwundbarkeit, unsere Vulnerabilität (der Begriff ist gerade dabei, in der Umgangssprache anzukommen); wir werden sensibilisiert, nehmen uns als Lebewesen und als Gemeinschaften wahr, die mit ihrer Umwelt verwoben und von ihr abhängig sind. Es wird deutlicher denn je erkannt, dass niemand sich hier ausklammern kann. Es wird erkannt, dass es in ökologischer Perspektive keine Inseln gibt, sondern alles über die Länder- und Körpergrenzen hinweg in Relation steht und mit Rückkopplungen zu rechnen ist. Hier liegt der kleinste gemeinsame Nenner zwischen Corona-Krise und Klima-Krise: Wir werden achtsamer hinsichtlich unserer Vulnerabilität und sensibilisiert dafür, dass wir mit unserer globalisierten Umwelt in vielfältigen Austauschbeziehungen stehen.

In dieser Achtsamkeit zeigt sich auch ein Potenzial. Nämlich die Chance, dass das Interesse an einer sanften Modernisierung wächst, wir neugieriger und aufnahmebereiter für nachhaltige und ökologische Wirtschaftsweisen und erneuerbare Energien werden. Die Chance, dass die Politik und die Projekte des Green New Deal von einem Überzeugungswandel und einer kulturellen Bewegung getragen werden könnten.



Ökologische Modernität: WindNODE und die Kunst

Die Energiewende gilt es nun in diese neue kulturelle und gesellschaftliche Dimension einzupassen. Wie dies unter Einbezug der Corona-Effekte genau erfolgen kann, dies aufzuklären bleibt zukünftigen Projekten vorbehalten. Schon jetzt aber lässt sich sagen, dass sich WindNODE seit dem Projektstart in 2017 immer wieder in den noch weitgehend unentdeckten Schnittbereich von Energiewende und Gesellschaft vorgewagt hat, ohne sich dabei auf die mittlerweile obligatorischen Akzeptanzformeln zu beschränken, dass WindNODE hier nach Verbindungen von Energie und soziokulturellem Leben gefragt und damit begonnen hat, jene kulturellen Potenziale der Energiewende zu identifizieren. Das klingt abstrakt, ist es aber keineswegs. Denn WindNODE geht ganz konkret vor, wir setzen auf die Kunst: Künstlerinnen und Künstler, Autorinnen und Autoren beschreiben längst die Symbiose von Energie(wende) und Kultur, sie reflektieren und gestalten die Verbindung von ökologischen Notwendigkeiten, technischen Innovationen und den neu entstehenden lebensweltlichen und gemeinschaftlichen Potenzialen. Die Kunst findet und erfindet Formen, Erzählungen, Praktiken und Konzepte für das Leben in einer ökologisch komplexen Welt und geht damit weit über das hinaus, was Wissenschaft und der techno-ökonomische Bereich des Energiesektors ihrerseits leisten können. Gerade in den Künsten wird die Energiewende als Teil einer nachhaltigen Moderne, ja als zentrales Moment einer spezifischen ökologischen Modernität sichtbar.

Bei WindNODE gibt es zum einen Projekte, die experimentell an dieser Transformation mitarbeiten und sie gestalten: So wurden Kooperationen mit KünstlerInnen gebildet, in denen auf die Energiewende bezogene Werke entstanden sind. Hierzu zählen das gattungsübergreifende Projekt **Energy meets Art** von Björn Kluge und Gerd Wessolek sowie das kulturvergleichende, Nepal und Deutschland verbindende Projekt **Perspektivwechsel auf die Energiewende** von Maria Reinisch und Andreas Corusa. Zum anderen verfolgt WindNODE einen Ansatz, der die Transformation dokumentiert und analysiert: Hierher gehören die beiden Projekte von Ingo Uhlig: die digitale Dokumentationsplattform **artwork.earth** und die auf Literatur und Energie bezogene Essayreihe **e-storys**.

All dies liefert Inspiration für reichhaltige Energiewendee-Narrative jenseits von „Strom kommt aus der Steckdose“. Auf den folgenden Seiten finden Sie zu den Projekten ausführlicheres Material. Liebe Leserin, lieber Leser, wir wünschen Ihnen viel Freude, lassen Sie sich überraschen!

Ein Text von Ingo Uhlig

Energy meets Art



► **Statue of Power**

Hanno Schröder – Johanna Babel – Luisa Pöpsel

Die Statue of Power ist ein skulpturales Modell, das sich mit der räumlich-architektonischen und ästhetischen Manifestation von Energiegewinnungsanlagen in der Landschaft beschäftigt. Das Bild der Landschaft unterlag seit jeher einem steten Wandel. Dabei war es u. a. die Energieversorgung, die die Landschaften schon immer stark beeinflusst hat und auch in Zukunft beeinflussen wird.

Kunst steckt voller Energie

Naturwissenschaftliche Erkenntnisse und technische Entwicklungen lassen sich disziplinar nur schwer in die Öffentlichkeit vermitteln, vor allem dann, wenn es sich um weitreichende energiepolitische und gesellschaftliche Veränderungen handelt – wie bei der „Energiewende“.

„Energy meets Art“ versucht mit neuen Formaten und Ideen das Thema Energiewende aufzugreifen und spezielle WindNODE-Forschungsthemen in die Gesellschaft zu vermitteln. Ein Netzwerk aus eingeladenen Wissenschaftlern, Künstlern, Studierenden und Energieexperten hat über einen Zeitraum von drei Jahren mit verschiedenen Methoden und Techniken daran gearbeitet, eine „Emotionalisierung der Energiewende“ zu erzeugen.

Es erfolgte u. a. eine enge Zusammenarbeit mit den Kunstprofessorinnen Prof. Myriel Milicevic und Jun.-Prof. Dr. Alexandra Regan Toland sowie dem Kunstwissenschaftler und Designer Burkhard Lüdtkke.

Nicht die Ingenieurwissenschaft, sondern das Visionäre stand dabei im Mittelpunkt. Herausgekommen sind ganz unterschiedliche Ansätze, Ideen, Produkte und Modelle. Diese sollen nicht nur unterhaltsam sein, sondern gleichsam Mut und Impulse für die Beschäftigung mit neuen Energieformen geben und Interesse, Gefühle und Faszination für die Energiewende wecken.

Sie finden auf S. 226 künstlerische Arbeiten, auf S. 228 studentische Arbeiten und abschließend auf S. 232 Energietagebücher von Studierenden.



Studierende und Künstler entwickelten gemeinsam unkonventionelle Ideen und Konzepte zur Energiewende.



„Die stets angenehme und inspirierende Zusammenarbeit bei WindNODE hat uns viel Freude bereitet und unseren Horizont erweitert. Es war eine wunderbare Gelegenheit, mit ‚Energy meets Art‘ auch über die klassischen Grenzen eines energietechnischen Forschungsprojekts hinausdenken zu dürfen.“

Dr. Björn Kluge
Projektmitarbeiter,
Institut für Ökologie, Fachgebiet
Standortkunde/Bodenschutz,
TU Berlin

Prof. Dr. Gerd Wessolek
Projektleiter,
TU Berlin

Künstlerische Arbeiten

Energie bringt Veränderung

Betty Beier konserviert Bodenzustände und deren Wandel durch menschliche Eingriffe, indem sie sogenannte Erdschollen erstellt. Ihre Erdschollen sind Bodenoberflächen von Landschaften, die dauerhaft in Acryl oder Kunstharz fixiert werden. Das Objekt, das im Rahmen von WindNODE entstand, zeigt einen Bodenabdruck von einem Maisfeld, das in der Folge aufgebaggert wurde, um Erdkabel in einer Stromtrasse zu verlegen.

Das Erdschollenarchiv

„Seit 1997 begleitet mein Erdschollenarchiv Prozesse, die Landschaft verändern. Landschaften in Deutschland, Island, China, Alaska und zuletzt in Brasilien. Mittels spurensichernder Maßnahmen vor Ort halte ich in Bildskulpturen, die ich Erdschollen nenne, fest, was verloren geht. Erdschollen dauerhaft in Acryl oder Kunstharz, begleitet mit einer Entstehungsgeschichte und Fotodokumentation sowie Zeichnungen.“

Betty Beier – „Für mich liegt der Boden im Mittelpunkt“

Es geht mir darum, die Wertschätzung der Natur im Allgemeinen und des Bodens im Besonderen zu erhöhen und in Solidarität mit den Menschen zu stehen, die buchstäblich den Boden unter den Füßen verlieren. Klimawandel vernichtet indigene Völker – auch uns. Unser Landschaftsbild verändert sich – gravierend, jede Stunde. Staudämme, die Landschaft verschlucken. Hunger nach Rohstoffen, der Landschaft zerstört. Einseitige Nutzung der Böden, die Landschaft monotonisiert. Die irreparablen Folgen: Umsiedlungen durch Vertreibung. Obdachlosigkeit und Hunger. Die Geschwindigkeit fegt uns hinweg. Der Einfluss ist uns längst genommen, wenn wir nicht sofort umkehren.

Wir sind nicht die Verlierer. Wir werden nicht vertrieben. Wir hungern nicht. Wir konsumieren die seltenen Erden für unsere Konsumgüter. Genau hier setze ich als Künstlerin an und richte mein Augenmerk auf ein kaum wahrgenommenes Gut und Speichermedium: den Boden.



▲ Bodenoberfläche eines Maisstopffeldes vor der Verlegung einer Erdkabeltrasse, Format: 1 m².

Ephemer und amorph

Markus Wirthmann, Künstler

Markus Wirthmann ist ein Künstler, der seine Arbeiten aus ephemeren und amorphen Materialien entwickelt. Wasser, Sand, Licht und Luft finden sich in technischen Experimenten, welche naturwissenschaftliche Prozesse als ästhetisches Mittel einbinden.

Während die materiellen Rahmenbedingungen vom Künstler gesetzt werden, bleibt die Hervorbringung der Form gewöhnlich maschinellen Vorrichtungen überlassen. Sie reproduzieren Phänomene, die dem Anschein nach natürliche sind, bilden etwa die Erzeugung von Sanddünen oder einer Sonnenfinsternis nach. Diese Vorrichtungen und die Werke, die durch sie hervorgebracht werden, sind in zahlreichen Ausstellungen des Künstlers nebeneinander zu sehen. Durch diese Kombination meidet der Künstler eindeutige metaphysische oder poetische Zuschreibungen. Stattdessen ist Wirthmanns skulpturale Arbeit in einem ständigen Fluss, aus dem immer wieder ein Bild gerinnt, das die Bedingungen seiner eigenen Entstehung offenbart.

Markus Wirthmann ist 1963 in Aschaffenburg geboren und hat sein Studium an der Hochschule für Bildende Künste Braunschweig und der Hochschule der Künste Berlin absolviert. Seit 2006 besetzt Markus Wirthmann Lehraufträge und Gastprofessuren an Universitäten in den USA, Deutschland und China. Derzeit lebt und arbeitet er in Berlin.

- Die Arbeit *Äolische Prozesse – WindNODE* besteht aus verschiedenen Modulen und Steuerungselementen sowie dem WNTable, der einem Billardtisch ähnelt. Die Module sind: vier Tangentiallüfter, Timer, Bewegungssensoren, Sand, WNTable.

Die Lüfter mit wechselnder Anordnung, Anzahl und Energiemenge erzeugen stetig neue WindKNOTEN-Skulpturen und schaffen so spukhaft-flüchtige Kunstwerke.

Studentische Arbeiten

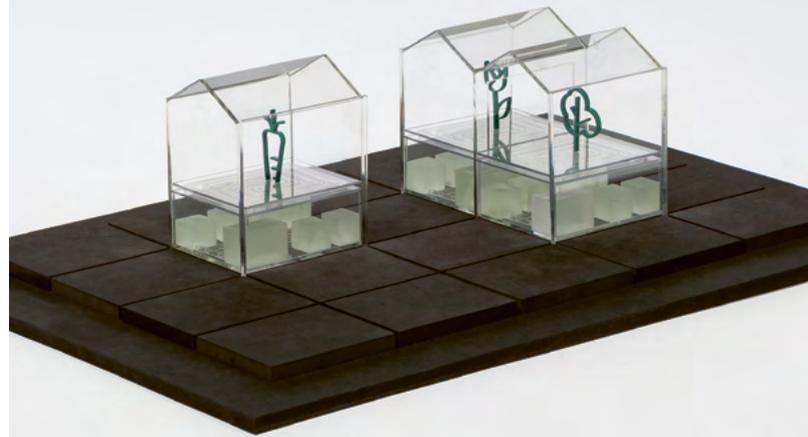
The next Einstein is coming!

„Sucht, findet und präsentiert eure Gedanken zum Thema Energiewende. Formuliert und entwickelt Konzepte und Ideen und macht euch die Themen Gewinnung, Speicherung, Transport und Verbrauch von Energie bewusst. Kommuniziert eure Gedanken und Ergebnisse in Form von dreidimensionalen Modellen und Objekten. Modelle sind räumliche Realität in eigener Dimension.“

Burghard Lütcke

Aus einer Idee, einem Konzept sollte ein konkretes Objekt zum Ansehen und Begreifen werden. Mit dieser Motivation trafen sich rund 50 Studierende der Architektur, um Themen des WindNODE-Projekts aus unterschiedlichen Perspektiven zu erkunden und mit Techniken des Modellbaus umzusetzen. Nicht die Ingenieurwissenschaften, sondern die Vision stand dabei im Mittelpunkt. Herausgekommen sind ganz unterschiedliche Ideen, Ansätze und Modelle, die zeigen, wie Studierende sich über ihre Fachgrenzen hinweg mit den Themen Energie und Energiewende auseinandergesetzt haben.

Die Ideen und Modelle sollen nicht nur unterhaltsam sein, sondern gleichsam Mut und Impulse für eine weitere Beschäftigung mit neuen Energieformen geben und Interesse, Gefühle und Faszination für die Energiewende wecken. Im Rahmen dieses Berichts kann nur eine kleine Auswahl der über 20 entstandenen Modelle gezeigt werden.



Server-Farming – Abwärmenutzung von Datenservern

Bahar Yildirim – Kathrin Geußner – Lisa-Marie Wesseler

Durchschnittlich werden in Deutschland 70 Prozent des anfallenden Mülls recycelt. Physischer Müll befindet sich in einem Sortiersystem, in dem der Müll gesammelt und je nach Kategorie recycelt, verbrannt oder wiederverwertet wird. Anders verhält es sich mit dem Datenmüll. Durch die ständige Nutzung von internetfähigen Geräten steigt die Menge an Datenmüll.





Damit uns die Zeit nicht davonläuft

David Eder – Johannes Greubel – Fee Filipzik

Die Energieuhr visualisiert die Energieerzeugung durch verschiedene Energiequellen. Hierbei werden die Energiequellen in Kernenergie, fossile und regenerative Energien eingeteilt. Die Energieuhr veranschaulicht auf vier Seiten die jeweiligen Anteile der drei Energiequellen in der Welt, in Europa, in Deutschland und in Berlin. Blau steht dabei symbolisch für regenerative Energien, Gelb für Kernenergie und Rot für fossile Energien.



Drive-by-Energy – Fahrtwind ernten

Selin Caki – Paulina Hagen – Arvid Nestler

In dieser Modellidee werden Fahrtwinde von Autos und Lkw eingefangen, um ungenutzte Energie im Straßenraum für Straßenbeleuchtung, Notrufsäulen und andere Verkehrseinrichtungen zu nutzen. Leitplanken entlang der Bundesautobahnen oder Landstraßen werden mit kleinen Rotoren ausgestattet. Der sonst nicht aufgefangene Fahrtwind der vorbeifahrenden Pkw und Lkw wird so in nutzbare elektrische Energie umgewandelt. Es werden jeweils vier Rotoren auf einer kabelführenden Schiene befestigt, die dann in der Rinne der Leitplanke eingesetzt und verkabelt werden.



WindpalmE – Windcatcher für den urbanen Raum

Helene Herrmann – Janel Osmankulova

Wind versetzt die Palmenwedel in Schwingung, die über den piezoelektrischen Effekt im „Fruchtknoten“ elektrische Energie erzeugt. Sie wird über den Stamm geleitet und im „Wurzelbereich“ gespeichert. Der Sockel ist gleichzeitig eine Sitzmöglichkeit und Ladestation. Die WindpalmE eignet sich durch ihre Skulpturhaftigkeit besonders für den urbanen Bereich. Mit der WindpalmE könnten bei einer hundertprozentigen Ausschöpfung der Windkraft etwa 15.000 kWh/a Strom erzeugt werden. Bei einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von rund 40 Prozent ($C_p = 0,4$) würden ca. 6.000 kWh/a Strom erzeugt, die etwa zwei Haushalte ein Jahr lang mit Energie versorgen könnten.

Urbane Energieerzeugung

Elphine Elphine – Julia v. Vietinghoff

Dieses Modell der urbanen Energiegewinnung basiert auf einem Konzept des Design Atelier DNA (www.atelierdna.com/portfolio/windstalk). Die Stäbe sind ca. 50 m hoch und haben einen Fundamentdurchmesser von 10 bis 20 m. Der Querschnitt der Stäbe ist am Fuß etwa 30 cm und verjüngt sich zur Spitze auf 5 cm. Sie erzeugen Energie mittels piezoelektrischer, keramischer Scheiben, welche über die gesamte Länge im Inneren der Stäbe angeordnet sind. Wenn die Stäbe durch den Wind zum Schwingen gebracht werden, wird auf die piezoelektrischen Scheiben Druck ausgeübt. Hierdurch werden positive und negative Ladungsschwerpunkte verlagert, wodurch elektrische Spannung entsteht. Am Fuß jedes Windhalms befindet sich zudem ein Generator, der hydraulisch betrieben wird. Durch die Bewegung wird so zusätzliche Energie erzeugt.



Unterirdische Aufwinde

Moritz Ott – Leonardo Schmitz – Sören Wernitz

Bereits 1854 wurde in Berlin die Litfasssäule erfunden. Dieses Konzept wird aufgegriffen und weiterentwickelt. Energie wird erzeugt, indem der Fahrtwind in U-Bahn-Stationen genutzt wird. Dieser treibt einen Propeller im U-Bahn-Tunnel an. Die Drehbewegung wird in elektrischen Strom umgewandelt. Die gewonnene Energie kann z. B. für die Beleuchtung des Displays für Fahrplaninformationen und Werbung genutzt werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Smartphone-Ladestationen und beheizte Sitzbänke in die Säule zu integrieren.



Vertiwind – Nutzung von Fassadenflächen

Karolina Gula – Katharina Kocol – Oksana Tyltina

Kleine Vertiwind-Windkraftmodule werden als Elemente konzipiert und in die Fassade integriert. Sie funktionieren als sogenannte Widerstandsläufer: die Rotorfläche als Ganzes bietet dem Wind einen Widerstand und wird von der Windkraft zum Rotieren gebracht. Ein Fassadenausschnitt von 5 × 15 Metern mit fast 800 Vertiwind-Modulen könnte bei einer durchschnittlichen Windgeschwindigkeit von 5 m/s (Standort Binnenland) bis zu 3.900 kWh pro Jahr erzeugen. Für die Fassade im urbanen Raum wird die vertikale Form genutzt, da sie im Vergleich zu den horizontalen Windturbinen besser geeignet ist für Standorte mit schwierigen Windverhältnissen, wie z. B. Wohngebieten und Städten. Zudem verursachen sie weniger Schallemissionen.



Spatz:2050

Lisa-Marie Kolbinger – Julian Mönig – Sina Riedlinger

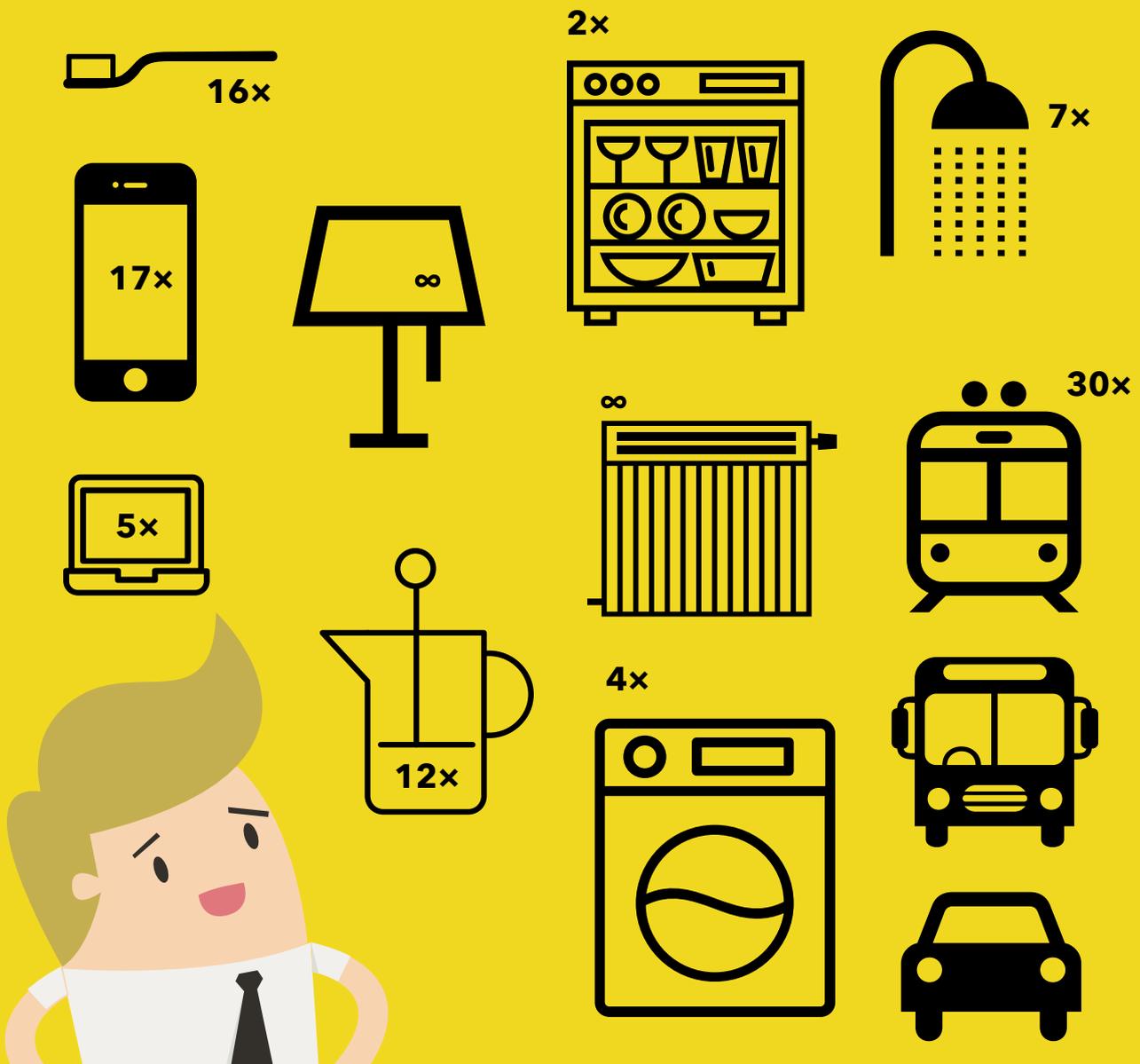
Ausgangspunkt für das fliegende Kraftwerk Spatz:2050 ist die Notwendigkeit zukunftsorientierter Energiespeichermethoden. Spatz:2050 steigt in große Höhen auf und nutzt die dortigen hohen Windgeschwindigkeiten, um Energie zu speichern. Sind die Speicher gefüllt, senkt sich der Spatz in Richtung Erde ab. Beim Abstieg wird zusätzlich Energie erzeugt. Im Gegensatz zu großflächigen Photovoltaik- oder Windkraftanlagen beeinflusst der Spatz:2050 die Umgebung nur temporär. Wichtig war den Studierenden die direkte Sichtbarkeit des Objektes, um das Bewusstsein für die Produktion der täglich benötigten Energie zu fördern.

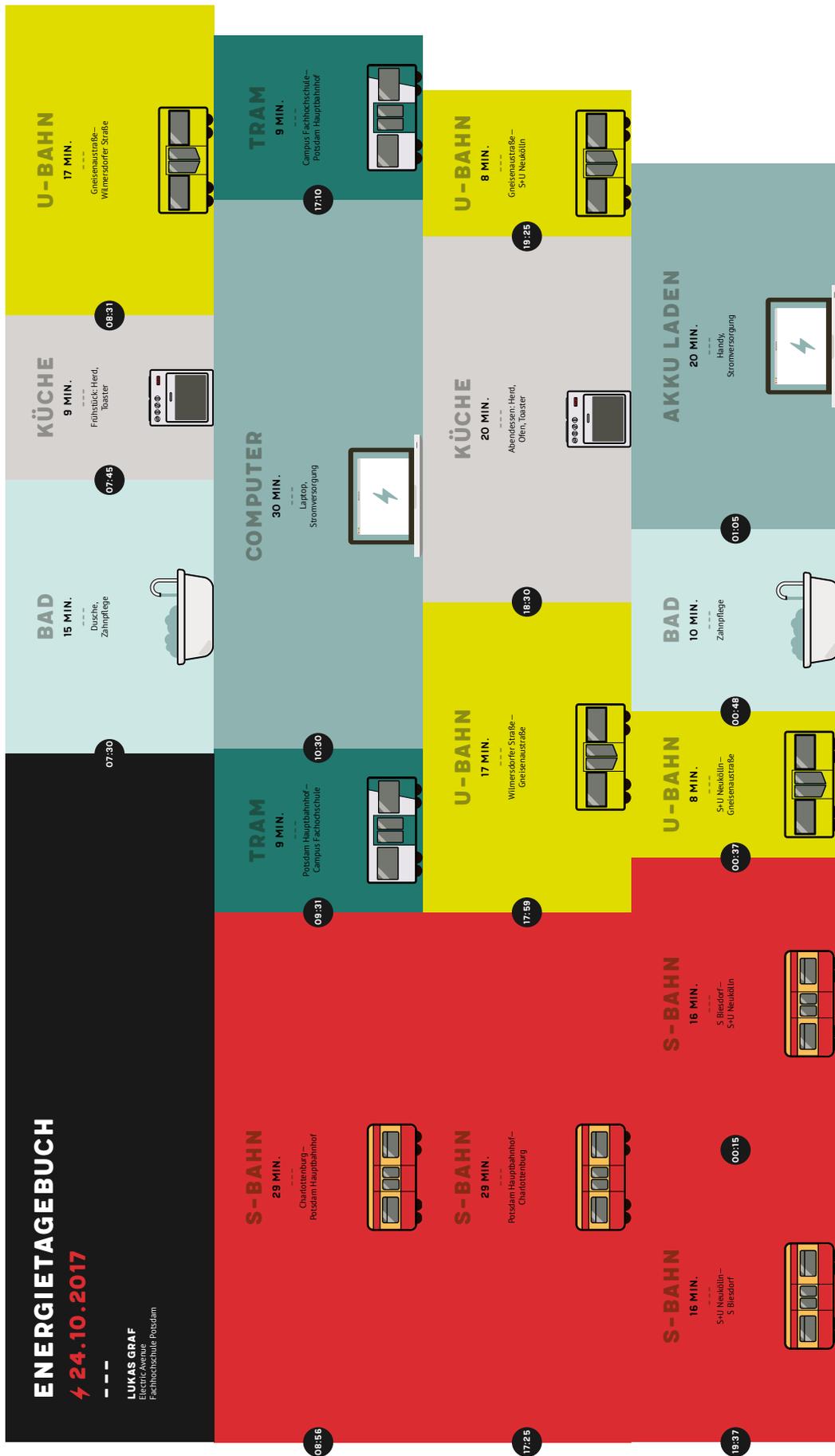


Tagebücher

168 Stunden Energie

Energietagebücher: Wie viel Energie verbrauche ich in einer Woche?
Die Studierenden haben eine Woche lang mithilfe eines Energietagebuches festgehalten, wie viel Energie sie zu welchem Zeitpunkt im Alltag verbrauchen. Die Ergebnisse wurden von allen Studierenden anhand von Energietagebüchern festgehalten.







Energie und Kunst

Visionen einer gelingenen Energiewende

Es sind Visionen, die uns antreiben und Großes erreichen lassen. Und die Energiewende ist mit Sicherheit ein großes Ziel! Beim Ausbau der erneuerbaren Energie sind wir ein großes Stück vorangekommen. Neben dem Zubau von Wind- und Solarkraftwerken und der Digitalisierung im Energiebereich müssen wir die Menschen mitnehmen. Wie lässt sich das Denken und Handeln der Unternehmen und der Bürgerinnen und Bürger verändern, was die Art und Weise des Stromverbrauchs betrifft? Wie kann jedes Unternehmen und jeder Einzelne zum Gelingen der Energiewende beitragen?

Wie können Sie Ihren Energieverbrauch an die Verfügbarkeit von Wind und Sonne anpassen – und das ohne Komfortverlust? Wie können wir Unternehmen und Bürgerinnen und Bürger motivieren, mitzumachen, mitzudenken und sich gegenseitig zu inspirieren, damit das große zentrale Projekt unserer Generation, die Energiewende, auch gelingt? Damit das gelingt, ist es wichtig, dass viele ganz unterschiedliche Personengruppen aktiviert werden und mitmachen, sich informieren und ihre Visionen entwickeln.



► 50 ganz unterschiedliche Kunstwerke zu den vielfältigen Ideen einer gelungenen Energiewende sind im Projekt „Energie und Kunst“ entstanden.



► Dr. Maria Reinisch, verantwortlich für das Projekt, führt durch die Ausstellung.



► „Energiewende made in Germany – intelligent, sicher, sauber, bezahlbar“ ist die Vision von Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier. Diese hat der Künstler Andrei Krioukov im Rahmen von „Energie und Kunst“ in ein Bild umgesetzt.

Ein ganz zentraler Punkt dabei ist es, nicht nur den Verstand, sondern auch die Herzen zu gewinnen. Also neben Wissen und Information auch die Emotion mit einzubeziehen.

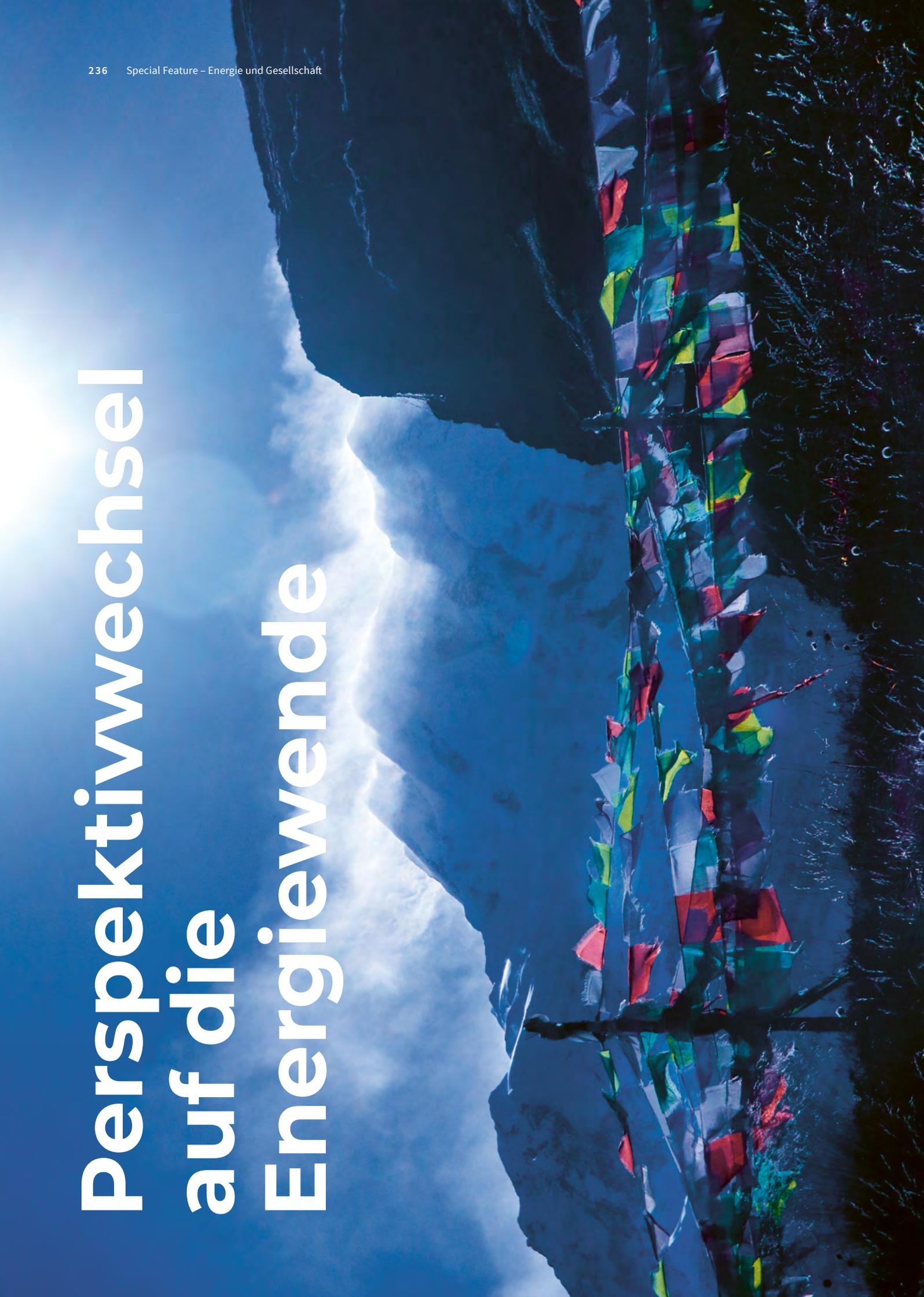
Wie sieht eine gelungene Energiewende in unserer Vorstellung aus? Hier kommt die Kunst ins Spiel: Sie eröffnet einen sinnlichen und emotionalen Zugang zum Thema und regt zum Nachdenken an. Kurz: Kunst ermöglicht eine ganzheitliche Ansprache der Menschen. Und sie bringt ganz unterschiedliche Ideen und Vorstellungen auf die Leinwand. Wie vielfältig das ist, zeigen die hier abgebildeten Kunstwerke, in die jeweils drei unterschiedliche Perspektiven eingeflossen sind. Nach Vorträgen zur Energiewende wurde in kleinen Gruppen diskutiert und verschiedene Ideen zusammengebracht.

Am Ende haben die Künstlerinnen und Künstler die Ergebnisse dieser Diskussionen in Bilder gefasst – und damit eine ganz persönliche Note hinzugefügt. Es entstanden 51 Bilder – also 51 verschiedene Visionen, Ideen und Perspektiven von Schülerinnen und Schülern, Unternehmern, Mitarbeitern, Studierenden, Wissenschaftlern und Politikern. Diese finden Sie in Deutsch und Englisch nicht nur in dem Buch „Visionen einer gelungenen Energiewende“, sondern auch auf einer Website. Außerdem tourten die Bilder zu verschiedenen Stationen in der WindNODE-Region und begeisterten viele Menschen.

Weitere Infos unter:

www.windnode.de/energie-und-kunst
www.energie-und-kunst.de

Perspektivwechsel auf die Energiewende



Gegenseitiges Lernen als Grundpfeiler für eine globale, nachhaltige Energienutzung

Wie kann die Energiewende gelingen? Wie kann eine Energieversorgung auf Basis erneuerbarer Energie funktionieren? Was bedeuten Fragen der Energiegewinnung und -nutzung für Jugendliche aus so unterschiedlichen sozialen Strukturen und Wirtschaftsräumen wie Deutschland und Nepal, und was können wir daraus lernen?

In dem Fotoprojekt zum Thema „Perspektivwechsel auf die Energiewende“ befragten wir Jugendliche aus beiden Ländern nach ihrer Perspektive: Wie sehen und erleben sie Energie und den Wechsel unseres Energiesystems? Mit ihrem unverstellten Blick und ihren Ideen und Assoziationen möchten wir für das wichtige Thema sensibilisieren und begeistern sowie zum weiteren Nachdenken anregen.

In der Zeit von Oktober 2019 bis Februar 2020 nahmen ca. 100 Schüler in Deutschland und 140 Schüler in Nepal am Projekt teil. In jeder Klasse gab es eine Woche lang Unterricht über verschiedene Aspekte von Klimawandel und Energiewende, den Umbau des Energiesystems und das eigene Verhalten bei der

Energienutzung. Es wurde viel diskutiert und gespielt und die Schüler wurden motiviert, Fotos zu den Themen zu machen und ihre Gedanken in kurzen Texten und Geschichten festzuhalten. Die Ergebnisse werden hier im Buch präsentiert.

Kontakt

Maria Reinisch Marketing Kommunikation
Schlehenring 30
85551 Kirchheim
info@kunst-und-energie.de

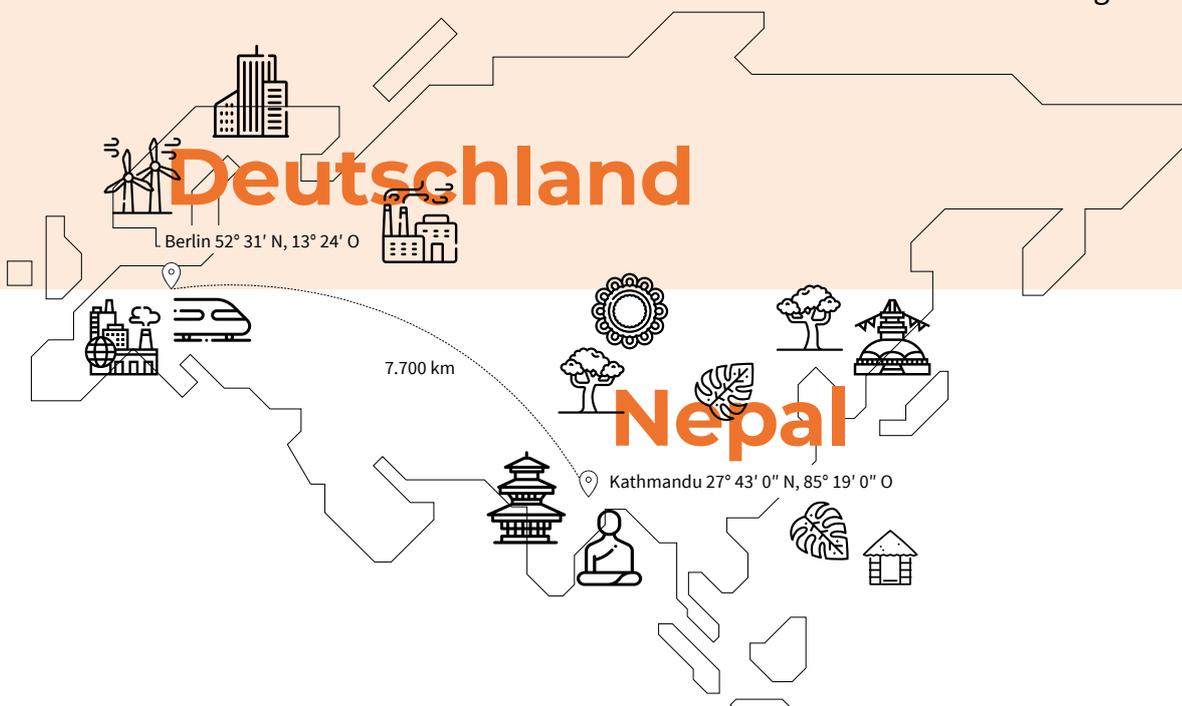


Weitere Infos unter

www.perspektivwechsel-energiewende.de/



Schülerinnen und Schüler aus Deutschland und Nepal haben im Rahmen des Projekts „Energie und Kunst“ ihre Perspektive auf die Energiewende fotografisch festgehalten.



”

„Viele wollen die Welt ändern, aber nicht sich selbst. Statt Autos und Schiffen benutzt eure Füße und die Stimme.“

Projektwoche

Berlin

Efe, Serhat mit Dilara und Maurice
Deutschland

Im Januar 2020 wurde in vier 10. Klassen an einer Schule in Neukölln eine Projektwoche durchgeführt. Jede Klasse hatte ihren eigenen Zeitplan und besuchte innerhalb der Woche zeitversetzt unterschiedliche WindNODE-Partner in Berlin. Die TU Berlin, Siemens, Vattenfall, GASAG und 50Hertz boten den Schülerinnen und Schülern Einblick in die Komplexität der Energiewende. Bei Stromnetz Berlin testeten sie das Spiel „Hertzschlag“ (TAP 9.5, S. 202).

In kleinen Gruppen machten sie ihre Fotos zum Thema Energie und schrieben dazu kurze Texte. Die Bildmotive beschäftigen sich mit den Themen Energiewende, Umwelt- und Naturschutz und Abfallvermeidung. Insgesamt sind sie vom urbanen Leben geprägt.

”

„Es ist grün! Der Weg ist frei für den Sieg der grünen Energie. Wartet nicht, bis der Hintermann seine Hupen ertönen lässt.“

Mina Giselle
Deutschland





”

„Energie kann so genutzt werden, dass sie keinem anderen schadet. Energie ist eines der wichtigsten Dinge im menschlichen Leben.“

Sankash, Bhavana, Darshana
Nepal

”

„Hey ihr! Verändert eure Perspektiven und seht die Energie im Regen, im Licht, in den Bäumen, den Wolken und vielleicht sogar in der Dunkelheit!“

Kunga, Jinpa, Tsultrim
Nepal

Projektwoche

Nepal

In Nepal fanden im November 2019 in Kankada und in einem Mönchkloster in Kathmandu jeweils zwei Projektwochen statt. Die Kinder fotografierten und schrieben Texte über Energie. In der Woche hatten sie auch die Möglichkeit, Solaranlagen zu bauen. Bei den Fotos und Texten der Kinder und Jugendlichen in Kankada stand die Energie in der Natur, die Bewegung von Wasser und der Anbau von Pflanzen im Vordergrund.

Anders als bei den Jugendlichen in Deutschland waren auf fast jedem Bild Menschen oder Tiere zu sehen. In den Bildern und Texten der Schüler des Mönchklosters wird Energie als ein Dreiklang erfahren, als Kombination von spiritueller, menschlicher und technisch nutzbarer Energie.

e-storys

elektrizität, energie & literatur

Der historische und literarische Überblick der e-storys hatte in der Romantik und Goethezeit begonnen und ist mittlerweile im Jahr 1980 angelangt. Und damit in dem Jahr, in dem ein interdisziplinärer Autorentrio vom Öko-Institut Freiburg – Florentin Krause, Hartmut Bossel und Karl-Friedrich Müller-Reissmann – die Bezeichnung „Energie-Wende“ als Titel für eine Buchpublikation wählte: *Energie-Wende. Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran*. Seitdem ist der Begriff Energiewende in der Welt.

In den e-storys durchmessen wir die kulturelle Dimensionen der Energiewende, wir fragen, wie sie erzählt wird, und wir zeigen, dass die technischen Innovationen Teil eines Zukunftsentwurfs sind: einer Transformation im Sinne einer nachhaltigen Moderne mit ökologisch-intelligenten Lebensentwürfen und solidarischen Gemeinschaften.

Die verbleibenden Essays werden nun die Verbindung von Energie, Energiewende und Literatur

bis in unsere Gegenwart und ein wenig darüber hinaus in die solare Science-Fiction verfolgen.

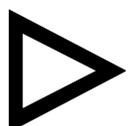
Die e-storys erscheinen nach wie vor auf der WindNODE-Website in deutscher und englischer Sprache. Im Jahr 2021 ist dann geplant, sie als klassisches Buch zu publizieren. Im WindNODE-Kosmos ist damit das erste literaturgeschichtliche Kompendium zum Thema Energiewende entstanden.



„Wir sprechen hier von Energie und Energietechnik, immer aber auch von Veränderungen in Lebens- und Arbeitswelten, die von der Literatur sehr genau, wie mit einer Art Brennglas, nachgezeichnet wurden. Die literarischen Texte stecken also voller Wissen über vergangene und gegenwärtige Energieumbrüche.“

Prof. Dr. Ingo Uhlig
ist tätig am Fachgebiet Energiesysteme der TU Berlin und am Germanistischen Institut der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

In diesem Jahrbuch drucken
wir die e-story Nr. 9 ab.



e-story 09

„Energie-Wende“

09

Baden-Württemberg um das Jahr 1980, die Gegend östlich von Tübingen: Reutlingen, Metzingen, Eningen, die Schwäbische Alb. Georg Landerer ist ein Mann gerade jenseits seiner besten Jahre, den aussterbenden Beruf des Schriftsetzers ausübend. Dem Trübsinn verfallen gibt er das Handwerk auf, verlässt Frau und Familie, die Kinder sind erwachsen. Das Land verlässt er nicht, obwohl ihm auch die damalige Bundesrepublik gehörig Frustration einflößt: „Plötzlich stimmte nichts mehr. Die Arbeit verlor ihren Sinn. Jedes Gespräch verletzte mich, bevor es geführt wurde. Die Nachrichten im Fernsehen bestätigten mir meinen Zustand.“

Peter Härtlings (1933 – 2017) Roman *Das Windrad* folgt der Depression und der biografischen Desorientierung seiner Figur durch die herbstrüben Orte und über die Regenhänge der Schwäbischen Alb. Auflockerung, den neuen Luftzug aber verschafft erst ein zweiter Akteur: der Bildhauer Kannabich, eine federnde, mitunter manische Figur, mit der die Erzählung in den Lauf der jungen Energiewende einbiegt. Denn der Künstler plant, ein Windrad auf den Hängen der Alb zu errichten, ein Windrad, „das, ganz gleich, wie viel Strom es erzeugen werde, ein großes Kunstwerk sei“. Es ist die Figur des bildenden Künstlers, mit der das Thema der erneuerbaren Energie vor nunmehr 35 Jahren in die deutsche Literaturgeschichte eingeführt wird. Noch ist sie zur Hälfte ein Kunstprojekt: die Energiewende.

Auch ihre Bezeichnung ist eine Schöpfung aus dem Südwesten der Republik. 1980 veröffentlichte ein interdisziplinäres Autorentrio des Öko-Instituts Freiburg, Florentin Krause, Hartmut Bossel und Karl-Friedrich Müller-Reissmann, einen Bericht mit dem Titel *Energie-Wende. Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran*. Dieses historische Dokument, ein kleinformatiger Band in leuchtendem Orange, ist wie Härtlings Roman Zeugnis einer ökologischen und energietechnischen Gegenkultur, die aus den Anti-AKW-Kundgebungen und der Umweltbewegung hervorging. Die frühesten ästhetischen Zeugnisse der neuen Energien müsste man wohl in den Protestzügen und auf den Demo-Plät-

zen dieser Zeit suchen: etwa in der Plakatkunst oder im Liedgut. Auch Härtlings führt in diese Sphäre: Das Windenergieprojekt wird obrigkeitlich verboten, die Polizei marschiert bereits auf, während Kannabich in luftiger Höhe am Windradturm schweißst und sich an dessen Fuß eine demonstrierende Menschenmenge für die Fortsetzung des Baus einsetzt. Durch ein so seltsames Verb wie „schunkeln“ gelingt es dem Text, deren enormen Emotionalisierungsgrad zu bestimmen: die „Menschenkettten begannen sich hin und her zu bewegen, zu schunkeln, Ornamente zu bilden, wie nach einer unhörbaren Musik ... einige fingen an zu singen, sangen erst gegeneinander, dann miteinander.“

Diese Windradperformance spürt intensiv den symbolischen Kräften nach, die sich mit den neuen Energien verbreiten mussten, und legt zugleich offen, dass Energieumbrüche auch eine Sache kultureller Ausdrucksformen und Bewegungen sind.

Dem bundesrepublikanischen Zeitgeist und den Energieprotesten um 1980 widmet sich auch ein aktueller Roman. Nicol Ljubic (1971*) entwickelt 2017 in *Ein Mensch brennt* eine Retrospektive auf den grünen Widerstand in seiner radikalsten Form und begibt sich abermals in den Südwesten der Republik. Er folgt der Geschichte von Hartmut Gründler (1930 – 1977), einem Tübinger Lehrer und Umweltaktivisten, der sich am 21. November 1977 aus Protest gegen die Atompolitik der damaligen SPD-Regierung selbst verbrennt. Präzise und geduldig wird ein ethisches Paradox entfaltet: Ljubic zeigt, wie sich eine durch und durch philanthropische Idee verhärtet und der Quell schneidender Tristesse wird. Er beschreibt ein Radikalisierungsmoment und zeigt, wie sich inmitten des progressiven grünen Milieus unwirkliche und kommunikativ kaum mehr zugängliche Räume um die Akteure bilden können. Aus unserer Gegenwart in die späten 1970er-Jahre zurückblickend kommt er damit der gleichen düsteren Entschiedenheit auf die Spur, die auch von Josepha Nadler, Monika Marons Heldin in *Flugasche* von 1981, ausgehen konnte.

Ganz anders blickt Marons *Bitterfelder Bogen* aus dem Jahr 2009 auf diese Zeit. Der literarische Bericht, in dem sie dem Aufstieg des Unternehmens Q Cells folgt, findet seine Sympathiefigur in dem früh verstorbenen Firmengründer Reiner Lemoine (1949–2006). Hier beleuchtet Maron auf einigen schönen Seiten Lemoines Zeit als Energiepionier Anfang der 1980er-Jahre. Ausgesehen habe er wie John Lennon, er studierte in Westberlin an der TU und gründete mit Gleichgesinnten das Ingenieurskollektiv Wuseltronik, das einen Gewerbekomplex in Berlin-Kreuzberg besetzt hielt und mit energietechnischen Erfindungen beschäftigt war. Wuseltronik stand für Wind- und Sonnenelektronik.

„Es waren die Jahre der großen Proteste, der Teach-ins, Sit-ins, der Demos und der Hausbesetzer. Lemoine und seine Freunde, nicht nur Atomkraftgegner, sondern eben auch Ingenieure, fanden, es genüge nicht, immer nur dagegen zu sein; man müsse auch etwas tun. Der Name Wuseltronik bezeugt beides, die chaotisch-fröhliche Atmosphäre dieser Jahre und das ernsthafte Vorhaben.“

In Passagen wie diesen porträtiert Maron nicht nur den engagierten Ingenieur, sie macht auch das junge Energiewendeprojekt als ein kulturelles, verschiedene Lebensbereiche um- und erfassendes Ereignis sichtbar. Der Blick fällt auf eine progressive Energiekultur; auf eine sich öffnende, begeisterte Zeit, in der Technik, Kunst und neue Lebensformen zueinander fanden, sich gegenseitig inspirierten.

Lemoine hat die Verbindung und Vermittlung von Energie und Gesellschaft anscheinend immer im Auge behalten. Als aus den technischen Innovationen unternehmerischer Erfolg, als aus Wuseltronik die Solarfirmen Solon und schließlich Q Cells wurden, gründete er die Reiner Lemoine-Stiftung. Dies geschah kurz vor seinem Tod im Jahr 2006, niedergelegt wird hier ein Vermächtnis, in dem mit dem Ziel, „100 Prozent erneuerbare Energien zu erreichen“, auch ethische Belange verbunden sind. So definiert der Stiftungszweck einen weiten Bildungs- und Entwicklungshilfefauftrag, überspannt damit Technik und Kultur. Auf den Internetseiten der Stiftung findet sich neben diesen ideellen Grundsätzen auch ein Video-

film über Lemoine. Ein kurzweiliges und sehr sehenswertes Dokument über die Geschichte des Ingenieurs und der Ingenieurkultur, in dem nicht nur Lemoine, sondern auch seine Mitstreiter und Freunde der frühen Berliner Jahre zu Wort kommen. Gerahmt werden die Wortbeiträge und Bilder aus etwa drei Jahrzehnten mit einem Lemoine-Zitat, das reichlich unakademisch daherkommt, in seiner Unangepasstheit aber zu nichts anderem aufrief, als Technik respektive erneuerbare Energien als kulturelles Gut und gesellschaftlichen Wert zu erkennen: „Scheiß auf den Kommerz, lass uns was Richtiges machen.“

Während in den späten 1980er-Jahren und unter dem Eindruck des Tschernobyl-Ereignisses vom April 1986 noch einige zentrale Texte erschienen, etwa Christa Wolfs (1929–2011) Erzählung *Störfall. Nachrichten eines Tages*, Gabriele Wohmanns (1932–2015) Roman *Der Flötenton* oder Gudrun Pausewangs (1928–2020) Jugendbuch *Die Wolke* (alle drei Texte werden 1987 veröffentlicht), wurde es danach literarisch ruhiger um die Energie- und Umweltthemen. Zu den Gründen zählen sicher zwei Großereignisse: Zum einen bindet die Wiedervereinigung die literarischen Kapazitäten, zum andern faszinieren die Innovationen eines anderen technischen Bereichs: Die Literatur entdeckt das digitale Leben. Sie bleibt, wie das Genre des Popromans zeigt, technikaffin, vollzieht aber die Ankunft im Informationszeitalter. Als eine Art Kulminationspunkt dieser Entwicklung könnte man das 2014 von Kathrin Passig (*1970) begründete und seitdem von ihr betreute *Techniktagebuch* ansehen. Ein mit kollektiver Energie erzeugtes Textgeflecht, das gegenwärtig über 7.000 Seiten zählt, die mit über 5.000 Beiträgen von rund 400 Autoren gefüllt wurden. 2019 erhielt das Gemeinschaftsblog-Kunstwerk den Grimme Online Award. Es dauert eine Weile, bis man seinen monumentalen Charakter umrissen hat, blickt dann aber auf ein beeindruckendes Zeugnis des Lebens mit digitalen Artefakten. Auf die Frage hin, welche Arten von Energie und Strom durch die erwähnten Gerätschaften fließen, fördert die Suchfunktion der Online-Chronik nur kleinste Textmengen zutage.

Die 2010er-Jahre bildeten auch die Zeitspanne der Wiederkehr der literarischen Beschäftigung mit der Energie. An die 1980er-Jahre und ihr Energien-Erzählen, an das Pathos der Bewegungen und die zuweilen heroische Geste ihrer Zentralfiguren konnte man dabei nicht einfach anschließen. Der Brückenschlag zwischen künstlerischer und technischer Avantgarde fiel in der Frühphase der Energiewende leichter. Eine naheliegende Erklärung hierfür könnte sein, dass die Literatur und die technisch-ökologische Alternativkultur auf der Position der Systemkritik leicht zueinander fanden.



▲ „Energie-Wende“: 1980 – 2020. 40 Jahre Energie-Wende. Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran.

Die Entwicklung der erneuerbaren Energien spielte sich seitdem längst nicht mehr nur in der Überschaubarkeit dieser Nischen ab. Der Weg führte – beispielsweise – über Wuseltronik zu Solon, zu Q Cells und schließlich zu Hanwha Q Cells; er führte von den fiktiven Windradexperimenten auf der Schwäbischen Alb zur Einrichtung aktueller Reallabore, die technische, ökonomische und regulatorische Szenarien erproben; vor allem aber führte der Weg von einer Sorge um bestimmte Ökosysteme und Orte zu einer Auseinandersetzung mit einer nur global zu lösenden Klimakrise.

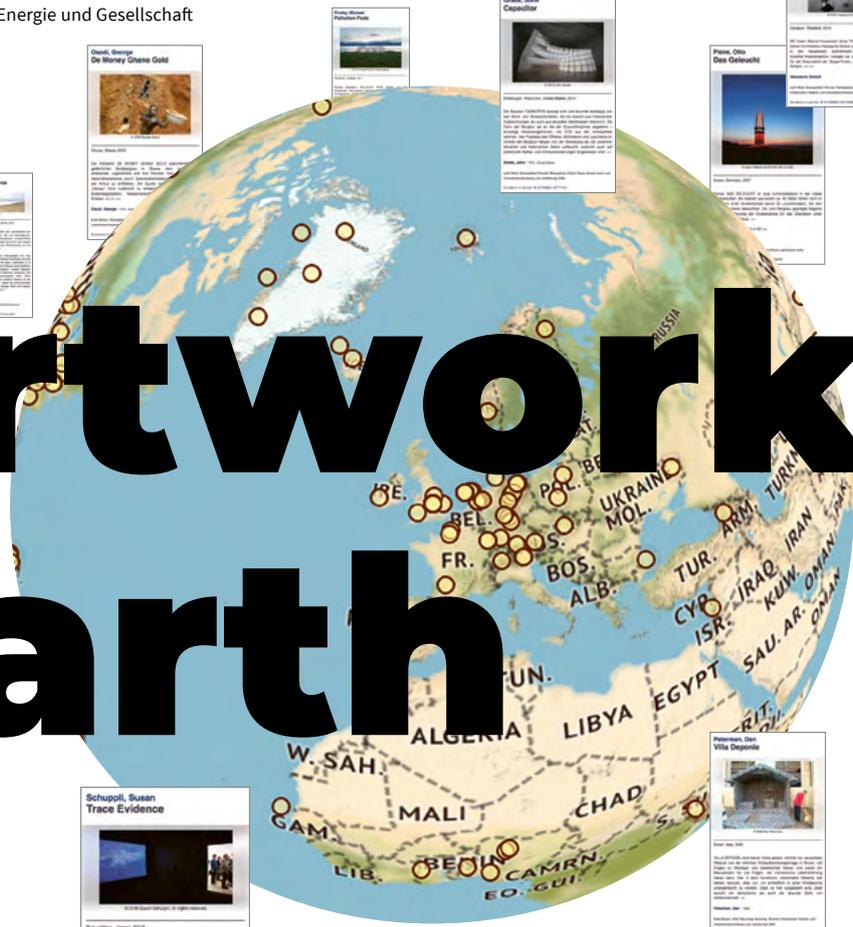
Dass die Dinge um die erneuerbaren Energien heute viel komplizierter liegen, zeigt aber letztlich den Erfolg jener um 1980 entworfenen „Energie-Wende“ an: nicht mehr Gegen- und Nischenkultur, sondern ein Transformationsgeschehen von gesamtgesellschaftlicher Breite und Ausdrucksvielfalt.

⊕ Weitere Infos unter:
www.windnode.de/e-stories

► **Literatur, andere Quellen und Texte aus der Forschung**

- ▷ Peter Härtling, Das Windrad, Luchterhand Verlag, Darmstadt 1983.
- ▷ Nicole Lubic, Ein Mensch brennt, Deutscher Taschenbuch Verlag, München 2017.
- ▷ Florentin Krause, Hartmut Bossel, Karl-Friedrich Müller-Reissmann, Energie-Wende. Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran, S. Fischer Verlag, Frankfurt a. M. 1980.
- ▷ Monika Maron, Flugasche, S. Fischer Verlag, Frankfurt a. M. 1981.
- ▷ Monika Maron, Bitterfelder Bogen, S. Fischer Verlag, Frankfurt a. M. 2009.
- ▷ Christa Wolf, Störfall. Nachrichten eines Tages, Luchterhand Verlag, Darmstadt 1987.
- ▷ Gabriele Wohmann, Der Flötenton, Luchterhand Verlag, Darmstadt 1987.
- ▷ Gudrun Pausewang, Die Wolke, Maier Verlag, Ravensburg 1987.
- ▷ Kathrin Passig und Autorenkollektiv Techniktagebuch, <https://techniktagebuch.tumblr.com>
- ▷ Jonas Torsten Krüger, „Unter sterbenden Bäumen“. Ökologische Texte und Prosa, Lyrik und Theater. Eine grüne Literaturgeschichte von 1945 bis 2000, Tectum Verlag, Marburg 2001.
- ▷ Benjamin Bühler, Ökologische Gouvernementalität. Zur Geschichte einer Regierungsform, Transcript Verlag, Bielefeld 2018.

artwork. earth



Panel Free Culture No End the Fossil Fuel Age Now
The Panel Free Culture No End the Fossil Fuel Age Now is a collection of artworks that challenge the fossil fuel industry and advocate for a sustainable future. The artworks are displayed in a gallery space, and the collection is available for purchase.

Karstens, Tom
Passivhaus, Albert
Reaktor, Albert
The artworks in this collection explore the intersection of art and architecture, focusing on sustainable design and energy efficiency. The artworks are displayed in a gallery space, and the collection is available for purchase.

Reaktor, Albert
The artworks in this collection explore the intersection of art and architecture, focusing on sustainable design and energy efficiency. The artworks are displayed in a gallery space, and the collection is available for purchase.

Devi, George
De Money Ghana Gold
The artworks in this collection explore the intersection of art and architecture, focusing on sustainable design and energy efficiency. The artworks are displayed in a gallery space, and the collection is available for purchase.

Reaktor, Albert
The artworks in this collection explore the intersection of art and architecture, focusing on sustainable design and energy efficiency. The artworks are displayed in a gallery space, and the collection is available for purchase.

Green, John
Capacitor
The artworks in this collection explore the intersection of art and architecture, focusing on sustainable design and energy efficiency. The artworks are displayed in a gallery space, and the collection is available for purchase.

Pratt, Otto
Das Geleucht
The artworks in this collection explore the intersection of art and architecture, focusing on sustainable design and energy efficiency. The artworks are displayed in a gallery space, and the collection is available for purchase.

Reaktor, Albert
The artworks in this collection explore the intersection of art and architecture, focusing on sustainable design and energy efficiency. The artworks are displayed in a gallery space, and the collection is available for purchase.

Wiss, Miry
CAUL City as Living Laboratory
The artworks in this collection explore the intersection of art and architecture, focusing on sustainable design and energy efficiency. The artworks are displayed in a gallery space, and the collection is available for purchase.

Proff, Sarker
Of River and Lost Lands
The artworks in this collection explore the intersection of art and architecture, focusing on sustainable design and energy efficiency. The artworks are displayed in a gallery space, and the collection is available for purchase.

Asling, Kevin
Border Sampling
The artworks in this collection explore the intersection of art and architecture, focusing on sustainable design and energy efficiency. The artworks are displayed in a gallery space, and the collection is available for purchase.

Reaktor, Albert
The artworks in this collection explore the intersection of art and architecture, focusing on sustainable design and energy efficiency. The artworks are displayed in a gallery space, and the collection is available for purchase.

Unknown Artist
Untitled (London Ex Rebellion Mural)
The artworks in this collection explore the intersection of art and architecture, focusing on sustainable design and energy efficiency. The artworks are displayed in a gallery space, and the collection is available for purchase.

Schuppel, Susan
Trace Evidence
The artworks in this collection explore the intersection of art and architecture, focusing on sustainable design and energy efficiency. The artworks are displayed in a gallery space, and the collection is available for purchase.

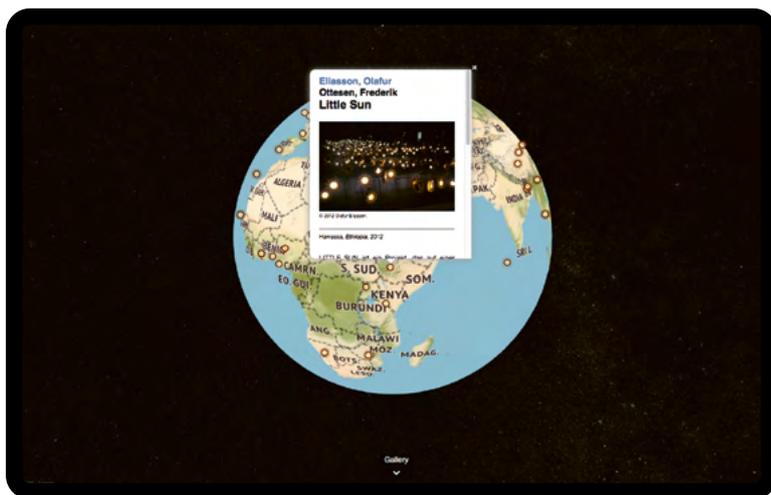
Sumal, Wendy
Soup
The artworks in this collection explore the intersection of art and architecture, focusing on sustainable design and energy efficiency. The artworks are displayed in a gallery space, and the collection is available for purchase.

Hegen, Tom
The Two Degrees Celsius Series
The artworks in this collection explore the intersection of art and architecture, focusing on sustainable design and energy efficiency. The artworks are displayed in a gallery space, and the collection is available for purchase.

Crappert, Alton
Therms, as A Temporary Index
The artworks in this collection explore the intersection of art and architecture, focusing on sustainable design and energy efficiency. The artworks are displayed in a gallery space, and the collection is available for purchase.

Der Atlas für Kunst über Ökologie und Klima, Energie und Ressourcen

Weltweit beschäftigen sich Künstler mit den Themen Klimawandel und erneuerbare Energien. Doch oft besteht das Wissen um die Kunstwerke nur auf lokaler Ebene oder in gesonderten Fachkreisen. Das Projekt artwork.earth hat es sich deshalb zum Ziel gesetzt, diese Kunstwerke zu sammeln und sie einer breiten Öffentlichkeit systematisch zugänglich zu machen. Das Verzeichnis umfasst derzeit etwa 150 Einträge und wird fortlaufend ergänzt.



◀ www.artwork-earth.com

Ein webbasierter interaktiver Atlas, der über künstlerische Arbeiten u. a. zu den Themen Energie und Energiewende informiert. Die Besucherinnen und Besucher sind eingeladen, die Funktionen und Inhalte des Atlas selbst zu entdecken.

Vor einem globalen Hintergrund wirft die Gegenwartskunst Schlaglichter auf lokale ökologische Situationen – z. B. auf den Ressourcenraub im nigerianischen Lagos (George Osodi), das schwindende grün- und isländische Eis (David Buckland, Olafur Eliasson), die Verstrahlung im ukrainischen Pripjat (Cornelia Hesse-Honegger), auf nachhaltig-begrünte Gebäudetechnik auf Dortmunder Hausdächern (Natalie Jeremijenko). Von den unterschiedlichsten Orten und Ansätzen aus wird damit das Profil der Lebenswirklichkeiten und -möglichkeiten im Anthropozän entworfen, und es werden jüngere Energieentwicklungen als kultureller Wandel und Chance einer gelingenden Transformation reflektiert.

Im Rahmen von artwork.earth werden die künstlerischen Arbeiten gesammelt, kartografisch verzeichnet und mit Pins markiert. Der Klick auf einen Pin öffnet ein Fenster, das in deutscher und

englischer Sprache zentrale Informationen über das Werk, die Künstlerin oder den Künstler sowie Abbildungen und Links enthält. Mit dieser Dokumentation entsteht ein bislang beispielloses, Klima- und Energieentwicklungen begleitendes Archiv mit globaler Erstreckung. Hier können ökologische und technische Entwicklungen in Form künstlerischer und kultureller Manifestationen beobachtet werden. Und hier stehen Informationen bereit, die weiterführende wissenschaftliche, pädagogische, partizipative oder umweltpolitische Projekte unterstützen und inspirieren können.

Das Projekt entsteht unter der Leitung von Prof. Dr. Ingo Uhlig, der am Fachgebiet Energiesysteme der TU Berlin und am Germanistischen Institut der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg tätig ist.



10 Fragen und Antworten zu WindNODE

▷ Frage 1

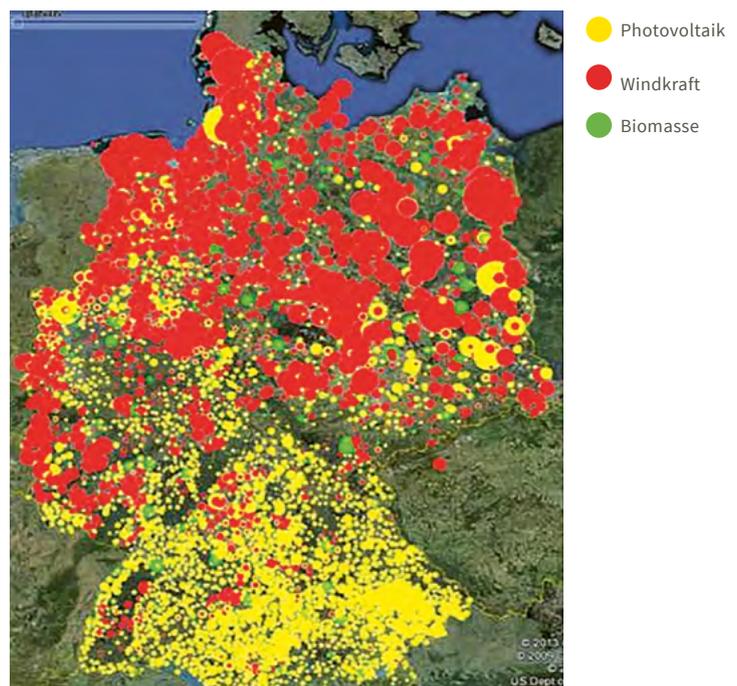
Wofür steht der Name „WindNODE“?

WindNODE steht für „Windenergie als Beitrag Nordostdeutschlands zur Energiewende“.

Nordostdeutschland meint die „neuen Bundesländer“ Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen sowie Berlin. Gemeinsam bilden diese sechs Länder eine Region, die Stand 2019 bereits über 60 Prozent¹ ihres Strombedarfs bilanziell aus Erneuerbaren deckt. Der größte Anteil davon stammt aus der Windenergie – und genau auf diese strukturelle Besonderheit stellt der Name WindNODE ab (siehe Abbildung). Dabei beschäftigen wir uns im Projekt WindNODE eigentlich nur am Rande mit der Erzeugungsseite (Ausnahme: AP 2), die wir weitgehend als gegebene Kulisse annehmen, und konzentrieren uns auf Fragen der Systemintegration: Wie können sehr große Mengen Erneuerbarer, perspektivisch 100 Prozent oder sogar mehr, sicher und effizient ins Energiesystem eingebunden werden? Da Windkraft üblicherweise in größeren Leistungseinheiten ans Netz angeschlossen wird als die meist kleinteiligere Photovoltaik, resultieren daraus auch spezifische Lösungsansätze, die sich in mancherlei Hinsicht von den stärker zellulären Ansätzen anderer SINTEG-Konsortien unterscheiden. WindNODE geht auf Überlegungen des Clusters Energietechnik Berlin-Brandenburg aus den Jahren 2013/14 zurück, die damals unter dem Arbeitstitel „Wind für die Städte“ standen (benannt nach einer gemeinsamen Studie von Stromnetz Berlin mit GridLab in 2012). Die Grundidee: Ländliche Netto-Exporthoren grüner Energie versorgen städtische Lastschwämme, die als intelligente, flexible Verbraucher wirken, mit einem Wechselspiel zwischen Regionalisierung und Übertragung von Lastströmen. Das Konzept ist natürlich nicht exklusiv für Berlin-Brandenburg und wurde gemeinsam mit mehreren Partnern der Energiewirtschaft in der weiteren Projektentwicklung im Jahr 2015 auf ganz Nordostdeutschland ausgedehnt, insbesondere auch durch die Fusion mit dem von Energy Saxony koordinierten Cluster.

Übrigens, wie spricht man WindNODE eigentlich aus, deutsch oder englisch? Beides ist zulässig und auch üblich. Die deutsche Version hält den Gedanken an den ursprünglichen Bedeutungsgehalt des Akronyms wach, während die englische Version unserer internationalen Ausrichtung Rechnung trägt und mit „node“ – „Knoten“, „Verbindung“ – auch die so wichtige Vernetzung im Energiesystem anklingen lässt.

▼ Entwicklung der Erneuerbaren-Landschaft in Deutschland (Stand 2018).



> 1.600.000 Anlagen
49.628 MW Windkraft
41.687 MW Photovoltaik

¹ Quelle: 50Hertz (2020).

▷ Frage 2

Welchen Beitrag zum Gelingen der Energiewende hat WindNODE geleistet?

Musterlösungen für Flexibilität und Reallabore in der zweiten Phase der Energiewende

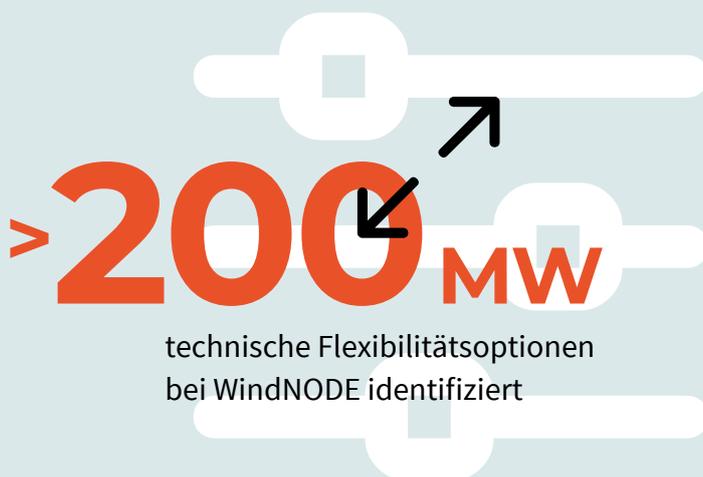
Rund 20 Jahre nach der Verabschiedung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) hat die deutsche Energiewende vor allem zwei bemerkenswerte Erfolge erzielt: den inzwischen fast komplett vollzogenen Abschied von der Kernkraft und den Ausbau der Erneuerbaren auf einen Anteil von 42,1 Prozent¹ (in der WindNODE-Region bereits über 60 Prozent) am deutschen Bruttostromverbrauch für das Jahr 2019. In ihren ersten zwei Jahrzehnten war die Energiewende vor allem eine Stromwende. In der nächsten Phase der Energiewende gilt es nun, sehr große Anteile volatiler Erneuerbarer – perspektivisch 100 Prozent – sicher und effizient ins elektrische Energiesystem zu integrieren und zugleich die anderen Energiesektoren, speziell Wärme und Mobilität, zu dekarbonisieren. Dies wird nur durch eine Reihe von Maßnahmen gelingen, die wie Puzzlesteine ineinandergreifen und sich ergänzen, insbesondere: Energieeffizienz (um den Primärenergiebedarf zu minimieren), Ausbau von Erneuerbaren (um die benötigte Primärenergie so grün wie möglich zu machen), Netzausbau (um Angebot und Nachfrage großflächig ausgleichen zu können), Kurz- und Langfristspeicher inklusive Wasserstoff (um der Dunkelflaute zu begegnen), Sektorkopplung (um speziell die Sektoren Mobilität und Wärme zu dekarbonisieren) und Flexibilität (um grünen Strom möglichst weitgehend dargebotsabhängig zu nutzen). Auf der Identifikation und Nutzung von Flexibilitätsoptionen liegt der Fokus von WindNODE.

Nachfrageseitige Flexibilität bekommt zukünftig eine höhere Bedeutung

Durch den doppelten Ausstieg aus der Kernkraft und der Kohleverstromung werden sich in Zukunft die erzeugungsseitigen Flexibilitäten verringern. Bei WindNODE lag der Fokus daher auf der Entwicklung von Musterlösungen für nachfrageseitige Flexibilität sowie auf der Sektorkopplung und der Digitalisierung unseres Energiesystems. Daran haben wir in insgesamt 50 Teilprojekten gearbeitet, die sich in vier große Handlungsfelder gliedern:

1. Flexibilitäten identifizieren, also technische Potenziale für Lastverschiebung und Sektorkopplung systematisch auffinden, erschließen und charakterisieren (siehe Publikation „Best Practice Manual: Flexibilitäten Identifizieren“). Mehr als 200 MW technische Flexibilitätsoptionen haben wir bei WindNODE gefunden.
2. Flexibilitäten aktivieren, also ökonomische Potenziale durch netz-, system- und marktdienliches Verhalten heben (siehe Frage 7). Ganz neu ist dabei der Ansatz einer Flexibilitätsplattform für marktbasierendes Netzengpassmanagement (TAP 1.2, S. 66).
3. Energiesystem digitalisieren, also Nutzen aus Daten ziehen und damit die Digitalisierung und Geschäftsmodelle in der Energiewirtschaft voranbringen (siehe Frage 6).
4. Prototyp eines Reallabors entwickeln – mit übertragbaren Blaupausen, Weiterentwicklung des regulatorischen Rahmens und chancenorientierten Energiewende-Narrativen (siehe Frage 5).

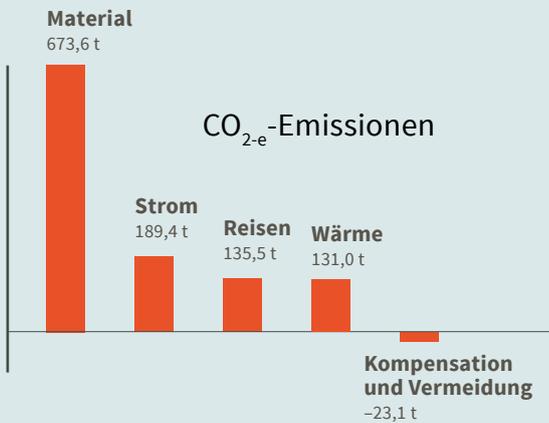
Innovative Technologien sind speziell in den ersten drei Handlungsfeldern entstanden und werden in den Profilen der Teilarbeitspakete (siehe S. 60 – 211) vorgestellt. WindNODE liefert damit Musterlösungen für die Systemintegration der Erneuerbaren, und zwar auf allen Ebenen: technisch, wirtschaftlich, regulatorisch und gesellschaftlich.



¹ Quelle: BMWi (2020).

▷ Frage 3

Welchen CO₂-Fußabdruck hat WindNODE selbst gehabt?



In der Projektarbeit wurden rund 1.106 Tonnen Treibhausgase freigesetzt

Im Dienst der guten Sache wurden auch bei WindNODE Treibhausgase (THG), insbesondere Kohlendioxid (CO₂), emittiert. Denn während wir an Musterlösungen für eine 100 Prozent regenerative Energieversorgung arbeiteten, waren die Heizungen und Stromversorgungen in unseren Büros und Laboren noch nicht klimaneutral. Auch unsere Dienstreisen und das Equipment, welches wir für unsere Demonstratoren benötigten, haben einen CO₂-Fußabdruck (der kleine Index „e“ steht für CO₂-Äquivalente und kennzeichnet, dass wir alle Arten von Emissionen mit ihrer jeweiligen Klimawirksamkeit berücksichtigen). Wir wollten wissen, wie viel das insgesamt war. Gemeinsam mit Siemens und der TU Berlin (Fachgebiet Energiesysteme) haben wir ein Verfahren zur Ökobilanzierung (Life Cycle Assessment, LCA) von WindNODE entwickelt, welches auf existierenden Normen – insbesondere der ISO 14001 – aufsetzt. Hierzu hat die Mehrzahl unserer Verbundpartner an einer Datenerhebung teilgenommen und Personenarbeitsjahre, Dienstreisen, Materialaufwendungen und anderes mehr erfasst. Wie bei jeder LCA, mussten wir eine Reihe von Annahmen und Vereinfachungen treffen, um aus diesen Daten einen CO₂-Fußabdruck ausrechnen zu können. So brauchten wir beispielsweise eine Definition für die Systemgrenzen (was gehört zur Projektarbeit von WindNODE, was nicht), und wir mussten die Zahlen auf diejenigen Partner hochrechnen, die sich nicht an der Datenerhebung beteiligt hatten. Auch wenn das Ergebnis mit einer gewissen Unsicherheit behaftet ist, so sind wir uns der Größenordnung nach sicher: WindNODE hat 1.106 Tonnen Treibhausgase (CO₂ und CO₂-Äquivalente) verursacht. Auf der Identifikation und Nutzung von Flexibilitätsoptionen liegt der Fokus von WindNODE. Pro 1 Million Euro Projektvolumen sind bei WindNODE rund 16 Tonnen CO₂ emittiert worden – das liegt in der Größenordnung, die auch Literaturdaten für den Bereich „Wissenschaft und Technik“ erwarten lassen.¹

¹ Vgl. PCAF Netherlands (2019), S. 82.

Treibhausgasbilanzierung ist WindNODE-Novum – und sollte Standard bei zukünftigen Projekten werden

Bislang haben sich nach unserem Kenntnisstand F&E-Projekte im Energie- und Klimabereich noch kaum der selbstkritischen Frage nach ihrem CO₂-Fußabdruck gestellt. Jedenfalls haben wir dazu wenig in der Literatur gefunden. Wir empfehlen, die Treibhausgasbilanzierung in Zukunft zum regulären Teil von F&E-Projekten und generell von Aktivitäten des Klimaschutzes (beispielsweise Klimakonferenzen) zu machen. Hierfür können unsere Arbeiten eine methodische Blaupause liefern.



WindNODE ist Treibhausgas-neutral: Wir haben unsere Emissionen kompensiert

Oberste Priorität muss stets die Vermeidung klimaschädlicher Emissionen haben. Wo dies nicht möglich oder noch nicht praktikabel ist, sollten Maßnahmen ergriffen werden, um das Äquivalent der verursachten Emissionen anderswo einzusparen (Kompensation). In diesem Geiste haben wir uns bei WindNODE entschieden, zur Kompensation unserer angefallenen Emissionen ein Windenergieprojekt in Nicaragua (zertifiziert nach Clean Development Mechanism und Gold Standard) zu unterstützen. Hierfür haben wir atmosfair als Partner gewonnen, den laut Stiftung Warentest besten Anbieter, der unvermeidlich angefallene Emissionen durch Klimaschutzmaßnahmen ausgleicht. Wir danken den nachfolgenden WindNODE-Partnern, die sich freiwillig und ohne jegliche Förderung an der Finanzierung beteiligt haben:



▷ Frage 4

Welche Innovationen und Technologien sind herausgekommen?

**Deutschland
Land der Ideen**

 Ausgezeichneter Ort 2018

Nationaler Förderer
Deutsche Bank 

Für uns heißt Innovation:

Wir tun etwas Neues, auf eine neue Weise

Viele Innovationen bei WindNODE sind ein Zusammenspiel aus neuer Technologie und einem neuartigen Einsatzkonzept – dafür ist WindNODE übrigens in 2018 auch als „Ausgezeichneter Ort im Land der Ideen“ geehrt worden. Wir können hier nur exemplarisch einige dieser Musterlösungen aufzählen – eine vollständige Präsentation finden Sie in den Profilen unserer Teilarbeitspakete auf den Seiten 60–211:

In Leipzig befindet sich die BMW Group dank des elektrisch betriebenen i3 im Besitz ausgedienter Batterien aus Elektroautos. Mit welcher „Software“ nutzt man diese Hardware effizient? Die Lösung: die vorhandenen Komponenten zu einer Speicherfarm zusammenschalten und so für ein zweites Leben auf dem Werksgelände gewinnen (TAP 7.6, S. 168). Die Berliner Stadtreinigung (TAP 6.1a (BSR), S. 130) steuert das Laden der Batterien ihrer Fahrzeugflotte so, dass der Vorgang als flexible Last dient, um das Stromsystem zu entlasten. Auch Lumenion (TAP 8.4, S. 188) hat sich mit innovativen Speicherkonzepten beschäftigt: ein Stahlspeicher wird dafür im bestehenden gasbetriebenen Blockheizkraftwerk von Vattenfall in die Quartierstrom- und Nahwärmeversorgung des Gewobag-Wohnquartiers integriert. Überschussstrom kann dadurch aufgenommen und später in die Wärmeversorgung eingespeist werden. In Berliner Wohnquartieren findet neueste Technik u. a. aus der Heimautomatisierung Einzug. Wir nehmen die Technik als Basis dafür, den Gebäudesektor fit zu machen für Anwendungen von Mieterstrom bis virtuelles Kraftwerk (TAP 8.2, S. 180).

Mit klugen Ideen geben wir bestehenden, bewährten Technologien eine neue Chance

Oft benötigt Innovation im Energiesektor aber nicht einmal die neueste Hardware. Für eine ökologische und bezahlbare Energiewende ist bereits viel gewonnen, wenn bestehende Technik nur klug und innovativ eingesetzt wird. Das Intelligente Blindleistungsmanagementsystem der WEMAG demonstriert, wie mit vorhandenen Komponenten im Verteilungsnetz zukünftig wichtige Funktionen von Großkraftwerken übernommen werden können (TAP 3.3b, S. 90). Stromnetz Berlin zeigt mit Bosch.IO, wie die ehrwürdige Infrastruktur der Pagerfunk-Rundsteuerung mit geringem Aufwand modernisiert und zum Vorteil der Netze eingesetzt werden kann (TAP 4.6, S. 114). Selbst Nachtspeicherheizungen, längst als Relikt vergangener Tage abgetan, finden mit einer guten Idee im Energiesystem der Zukunft Anwendung: Sie sorgen zusammen mit den immer beliebter werdenden Wärmepumpen für

ökostromfreundliche Verbrauchsmuster bei Endkunden (TAP 6.3a, S. 140). Die Berliner Wasserbetriebe (TAP 7.5, S. 166) bewerkstelligen durch Analysen der Energieverbräuche in Kombination mit einer mehrstufigen Automatisierung eine Reduktion der Jahresspitzenlast in ihrem Klärwerk Münchehofe.

Unsere Innovationen machen Komplexität beherrschbar

WindNODE hat auch dort Innovationen hervorgebracht und gefördert, wo hohe Komplexität das Energiesystem der Zukunft fast unbeherrschbar erscheinen lässt: ENERTRAG erklärt auf S. 76 (TAP 2.2), wie kluge Konzepte für Datenerhebung und -übertragung es erlauben, eine Vielzahl von sehr unterschiedlichen technischen Komponenten in einem Regionalkraftwerk effizient zu steuern. Die Fraunhofer-Institute IWU und IFF haben Methoden entwickelt, mit denen die energietechnische Komplexität in Fabriken und Produktionsketten erstmals umfassend analysiert und gesteuert werden kann. Siemens hat ähnliche Ansätze in seinen Berliner Werken umgesetzt (TAP 7.2, S. 158). Die sektorübergreifende Betrachtung von Energie wird politisch seit Langem gefordert, bei IBAR in Cottbus oder den Stadtwerken Hennigsdorf und Frankfurt (Oder) ist der integrierte Betrieb von Strom- und Wärmeinfrastruktur bereits heute möglich. Grundlage dafür sind hoch spezialisierte Softwarelösungen (TAP 2.3, S. 80 und 2.4, S. 82).

Schlagworte sind bei uns mehr Randnotiz als eigenständiges Ziel

Und wie steht WindNODE zu den Schlagworten der Innovationsdebatte? Welcher Innovationsbericht kommt ohne Blockchain und künstliche Intelligenz aus? Wir sehen uns als Wegbereiter handfester Innovationen, mit einer gewissen Distanz zu Schlagworten, die nur mühsam mit Inhalt zu füllen sind. Aber natürlich haben auch die WindNODE-Partner zu diesen Themen geforscht. Wo sich vielversprechende Anwendungsfälle ergeben, nämlich immer dort, wo Technik, Markt und Regulierung zusammenspielen, sind wir aktiv geworden: Solandeo nutzt Technologien aus der KI-Forschung (künstliche Intelligenz) für örtlich und zeitlich hoch aufgelöste Erzeugungsprognosen im Grünstromhandel und in der Netzbetriebsoptimierung (TAP 4.4, S. 110). Der Einsatz von hoch entwickelter Online-Sensorik für die Störungsuntersuchung in der Niederspannung, manche sagen dazu „Predictive Maintenance“, ist Teil der Arbeit von Stromnetz Berlin (TAP 3.3e, S. 98). Bosch.IO und devolo zeigen auf (TAP 4.3, S. 106 und 4.5, S. 112), wie eine effizient vernetzte Smart-Meter-Architektur der Ausgangspunkt für Plattformen digitaler Services sein kann.



▷ Frage 5

Es gab ja schon viele Energieforschungsprojekte: Was ist das Besondere an WindNODE?

WindNODE zeigt, wie Reallabore funktionieren

Förderung für Forschung und Entwicklung (F&E) von Energietechnologien gibt es seit Langem. So war E-Energy von 2008 bis 2013¹ als „Großlabor“ über ganz Deutschland ein Wegbereiter für Energieforschungsprojekte für Systemintegration, weil zum ersten Mal demonstriert wurde, dass Digitalisierung ein wichtiger Enabler zur smarten Stromwende ist, also zur dynamischen Integration fluktuierender Erneuerbarer (Stichwort „Internet der Energie“). Für die bevorstehende Smart-Meter-Einführung wurden anhand von großen Feldtests wichtige Erkenntnisse insbesondere zur Lastverlagerung in Haushalten und zu intelligenten Verteilungsnetzen gewonnen. Die fünf SINTEG-Schaufenster (C/sells, Designetz, enera, NEW 4.0, WindNODE) entstanden im folgenden Diskurs und sind ihrerseits Pioniere für „Reallabore der Energiewende“, welche inzwischen im 7. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung verankert sind und die klassischen Fördersäulen – Grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung – um eine neue dritte Säule ergänzen. Hier geht es um Massentauglichkeit und Blaupausen, um die Validierung marktnaher Systemlösungen und um die öffentlichkeitswirksame Demonstration unserer Innovationskraft.

Regulatorik wird zum Teil des Experiments

Die Besonderheit der SINTEG-Schaufenster reicht weit über das hohe *Technology Readiness Level* (TRL) von sehr anwendungs- und marktnahen Demonstratoren hinaus. Das beginnt mit der SINTEG-Verordnung („SINTEG-V“), durch die erstmals eine regulatorische Experimentierklausel (im englischen Sprachraum „regulatory sandbox“) zum Teil eines Energieforschungsprojekts gemacht worden ist. Sie öffnet für Projektteilnehmer gewisse experimentelle Möglichkeiten, die ansonsten unter der geltenden energiewirtschaftlichen Regulierung nicht gegeben wären (siehe Beitrag zur SINTEG-Verordnung, S. 55), und hat sich als enorm wichtiger Katalysator für unser Reallabor erwiesen. Mit über 70 beteiligten Partnern ist WindNODE zudem viel größer als gewöhnliche Verbundprojekte. Wir haben ein vitales Netzwerk geschaffen, nach unserem Kenntnisstand das

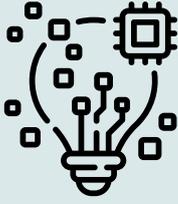
bislang größte seiner Art, welches ganz Ostdeutschland einschließt und als Region gemeinsam hinter einer großen Vision versammelt: ein Energiesystem mit 100 Prozent Erneuerbaren. Musterlösungen für die Energiewende werden hier in großen, praxisnahen Ökosystemen im echten Leben ausprobiert – interdisziplinär, kooperativ und branchenübergreifend mit allen Partnern, die zu einem zukünftigen Energiesystem dazugehören. Das stärkt bestehende Partnerschaften, etwa in der engen Kooperation zwischen ÜNB und VNB, und führt zu ganz neuen, unerwarteten Netzwerkeffekten, die weit über die eigentliche Projektarbeit hinauswirken – etwa dann, wenn WindNODE zum Mitausrichter der „1. Lausitz-Konferenz“ wird und konkrete Ideen für den Strukturwandel in ehemaligen Kohleregionen initiiert.

Zwischen Energie- und Industriepolitik: „Show and Tell“ für Innovationen aus Deutschland

Nicht zuletzt geht es in einem Schaufensterprojekt auch um Sichtbarkeit. WindNODE hat eine länderübergreifende Zusammenarbeit und eine Größe erreicht, welche dem Projekt überregionale Strahlkraft verleiht. Wir sind Botschafter für die Energiewende made in Nordostdeutschland, ein Ausweis der hiesigen Ingenieurskompetenzen, ein Mutmacher für die Chancen der Transformation.



¹ Vgl. BMWi (o. J.) E-Energy.



▷ Frage 6

Was hat WindNODE zur „Digitalisierung“ beigetragen?

Die WindNODE-Ergebnisse zeigen: Die Digitalisierung der Energiewende ist kleinteiliger als ursprünglich angenommen. Die Integration erneuerbarer Energien erfordert keine große, monolithische „Telefonzentrale im Internet der Energie“. Vielmehr treten spezielle, oft kleine und agile, manchmal auch „disruptive“ technische Lösungen in den Vordergrund, von denen wir nachfolgend exemplarisch einige WindNODE-Highlights vorstellen.

- ▷ Die von Bosch.IO im TAP 4.3 (S. 106) entwickelten Softwarelösungen „Smart Meter Gateway Manager“ und „Metering Data Hub“ administrieren bzw. kommunizieren im ersten Schritt mit dem Smart Meter Gateway, um die aktuellen Daten zum Stromverbrauch und Leistungsbezug zu ermitteln. Über diese Kommunikationsstrecke werden auch an das Smart Meter Gateway angeschlossene schaltbare Lasten und die Flexibilitätsreserven der Verbraucher gesteuert. Dazu hat devolo eine Steuermöglichkeit entwickelt. Über den StromPager wird die Steuerung von Nachtspeicheröfen (vgl. WEMAG, TAP 6.3a, S. 140) und Elektroladesäulen (vgl. Stromnetz Berlin, TAP 4.6, S. 114) erfolgreich demonstriert.
- ▷ Fraunhofer FOKUS ging, inspiriert von der Plattformökonomie, im TAP 1.1 (S. 62) voran und entwickelte eine Energiedaten- und Energiedienstplattform, die den WindNODE-Partnern einen interoperablen und sicheren Datenaustausch bei offenen Standards ermöglichte. So konnten beispielsweise Einspeisedaten von Stromnetz Berlin, DWD-Wetterdaten und Lastdaten aus einem Werk von Siemens in Berlin zur weiteren Verwendung WindNODE-Partnern zur Verfügung gestellt werden.
- ▷ Mit der Lösung von Solandeo im TAP 4.4 (S. 110) werden Prognosen für den Grünstromhandel und Netzauslastungsvorhersagen datenschutzkonform und unabhängig von regulatorischen Vorgaben erstellt und als Mehrwert vermarktet. Das Ergebnis: Windräder und Solaranlagen wurden mittels lokaler Vorhersagen noch effizienter genutzt und Abschaltungen weiter vermieden. Kooperationen mit Netzbetreibern wurden erprobt.
- ▷ 50Hertz legte im TAP 1.2 (S. 66) in Zusammenarbeit mit anderen WindNODE-Partnern mit der Flexibilitätsplattform ebenfalls ein digitales Konzept vor, das im Realbetrieb eine bessere Netzauslastung unter Vermeidung von Engpässen vorsieht. Bei drohender Überlastung von Netzabschnitten können Netzbetreiber Flexibilität nutzen, die Anbieter auf dieser Plattform bereitgestellt haben.
- ▷ Im Quartiersbereich erlaubt die smartHeat-Plattform von enersis im TAP 8.1b (S. 178) die Erstellung von individuellen und finanzierbaren Sanierungsfahrplänen für Wohngebäude. Die Software erfasst den wärmebasierten energetischen Status quo des Quartiers und simuliert die weitere Entwicklung für die kommenden Jahre.
- ▷ Dass Digitalisierungsmaßnahmen einen direkten monetären Mehrwert für private Endkunden haben können, zeigt der Einbau von Smart-Building-Technik in traditionellen Wohnhäusern. Damit wurden insgesamt 24 Prozent Heizenergie eingespart, ohne den Einsatz von kostenintensiver Wärmedämmung (siehe TAP 8.2, S. 180). Als selbstlernendes System legt ein Wohnungsmanager fest, wie viel Zeit für das Aufwärmen der Wohnungen tatsächlich benötigt wird.
- ▷ Um aber auch auf einer breiten Ebene interessierten Bürgerinnen und Bürgern digitale Themen nahezubringen, wurde in mehreren Hackathons, bei denen verschiedene Unternehmen ihre Daten zur Verfügung stellten, Interessierten die Möglichkeit gegeben, eine datenbasierte Idee zu entwickeln und vorzustellen.



▷ Frage 7

Was lernen wir aus WindNODE über das Energiemarktdesign?

Bestehender regulatorischer Rahmen hemmt Sektorkopplung und Flexibilitäten

Ins Labor geht man, um Hypothesen im Experiment zu überprüfen. So ist das auch im Reallabor WindNODE – mit der Besonderheit, dass neben technischen Fragen bei uns auch energiewirtschaftliche und -rechtliche Aspekte eine wichtige Rolle spielen. Denn längst nicht alles, was auf dem Weg zu 100 Prozent Erneuerbaren systemisch sinnvoll wäre, ist im geltenden Rechtsrahmen auch betriebswirtschaftlich machbar. So ist das beim „Nutzen statt Abregeln“ und der systemdienlichen Sektorkopplung, den Leitmotiven für die Suche nach Flexibilitäten: ökologisch wünschenswert, politisch gewollt, aber mit teilweise prohibitiven regulatorischen Hürden verbunden, wie sich am Beispiel der viel diskutierten Sektorkopplung (Power-to-Heat, Power-to-Gas etc.) zeigt. Die Hypothese lautet: Das geltende Abgaben- und Umlagenregime ist hinderlich für Flexibilitäten, und zwar aus drei Gründen: erstens und ganz entscheidend ist das die inzwischen fast 7 Ct/kWh teure EEG-Umlage, welche grünen Strom teuer macht und durch eine verursachergerechte CO₂-Bepreisung ersetzt werden müsste; zweitens die Netzentgeltssystematik, die bislang netz- und systemdienliche Flexibilität bei Verbrauchern nicht nur nicht anreizt, sondern sogar aktiv unterbindet; und drittens die Stromsteuer, welche als starre Verbrauchssteuer (rund 2 Ct/kWh für private Haushalte und Gewerbetunden) zum generellen Stromsparen erzieht, anstelle die Stromnachfrage je nach momentanem Erneuerbaren-Angebot anzureizen oder zu dämpfen.

Experimentierklausel ist wertvoller Katalysator für Energiesystem-Innovationen

Diese Hypothese wurde bei WindNODE bestätigt. Mehrere Vorhaben der Sektorkopplung, speziell im Wärmebereich, konnten nicht im vorgesehenen Umfang umgesetzt werden oder stehen nach dem Projektende vor einer unklaren Zukunft. Beispielsweise beheizt ENERTRAG den Ort Nechlin (Nordbrandenburg) praktisch CO₂-frei mit Strom aus Erzeugungsspitzen aus seinem benachbarten Windpark, der ansonsten aufgrund von Netzengpässen abgeregelt worden wäre.

Möglich wurde dies nur mithilfe der regulatorischen Experimentierklausel SINTEG-V (SINTEG-Verordnung), die für WindNODE-Partner gilt und nach dem Projektende ausläuft. Wir haben gelernt, wie bereits die realistische Hoffnung auf einen modernisierten regulatorischen Rahmen euphorisierend wirkte, als in 2016/17 die SINTEG-V (basierend auf § 119 EnWG) geschaffen wurde. Obwohl sie nichts weiter als ein Nachteilsausgleich mit strikter Unterbindung von Mitnahmeeffekten ist, versprach die SINTEG-V den Projektteilnehmern, im Reallabor ein Stückchen eines zukünftigen Rechtsrahmens ausprobieren zu können. Für viele war das Grund genug zum Mitmachen, wichtiger sogar als das Fördergeld. Natürlich hat nicht alles bei der SINTEG-V perfekt und unbürokratisch funktioniert. Daraus kann man lernen. Um beim nächsten Mal – etwa bei den „Reallaboren der Energiewende“ oder auch beim Strukturwandel in den ehemaligen Kohleregionen – erfolgreich zu sein und das volle Innovationspotenzial zu nutzen, empfehlen sich Experimentierklauseln mit längerer Geltungsdauer.

Für die Flexibilitätsplattform ist die Zeit noch nicht reif

Auch mit unserer Flexibilitätsplattform haben wir Neuland im Zeichen von „Nutzen statt Abregeln“ betreten, um mit marktbasierter Prozessen die volkswirtschaftlichen Kosten des Netzengpassmanagements zu minimieren. Allerdings hat sich hier der regulatorische Rahmen mit der NABEG-Novelle im Laufe unseres Projekts sogar zum Nachteil der Flexibilitätsplattform entwickelt, indem die verpflichtende Teilnahme am regulierten Redispatch auf eine größere Anzahl kleinteiliger Erzeuger ausgeweitet wurde. Außerdem noch in Diskussion ist die Frage, wie sich unerwünschtes Verhalten am Markt (engpassverstärkendes, strategisches Verhalten von Flexibilitätsanbietern, sogenanntes „Increase-Decrease-Gaming“) regulatorisch einhegen oder durch ein geeignetes Preisanreizsystem unterbinden ließe.

▷ Frage 8

Welchen Mehrwert hat WindNODE für die Region Ostdeutschland geschaffen?

WindNODE steigert die Sichtbarkeit der Region und liefert neue Ideen für den Strukturwandel

WindNODE bietet als Reallabor mehrere Besonderheiten, die über klassische F&E-Projekte hinausgehen: Erstens ist WindNODE eine Netzwerkplattform, mit über 70 Partnern die derzeit größte ihrer Art für Energiewende und Strukturwandel in Nordostdeutschland. Und zweitens ist WindNODE ein Schaufensterprojekt, welches die Energiewendekompetenzen einer ganzen Region für das nationale und internationale Publikum präsentiert. Die „neuen Bundesländer“ haben eine lange Tradition in der Energietechnik und Digitalisierung. Auch heute sind sie eine führende und innovative Energieregion, wenngleich sie beim „Show and Tell“ wohl noch Nachholbedarf haben. Beim Ostdeutschen Wirtschaftsforum im Jahr 2017 haben die versammelten ostdeutschen Wirtschaftsminister ihrer Region ein Imageproblem bescheinigt – nicht darin bestehend, dass Ostdeutschland ein schlechtes Image in der Welt hätte, sondern darin, dass es gar keines habe. WindNODE war viel in Europa und der Welt unterwegs, gemeinsam mit Partnern wie GTAI (Germany Trade and Invest) und den Wirtschaftsförderern der Länder (Berlin Partner, Energy Saxony, WFBB), um das energiewirtschaftliche Image der Region zu stärken und Kooperationen zu begründen (vgl. die Übersicht unserer

Aktivitäten in „WindNODE weltweit“, S. 216). Das hat die Sichtbarkeit der Region spürbar gesteigert, wie uns speziell unsere KMU-Partner bestätigen und von konkretem Neugeschäft berichten. Das trägt zugleich zum Selbstbewusstsein einer Region bei, die wie keine andere „Energie und Wende“ beherrscht, aber auch in besonderer Weise vom Strukturwandel herausgefordert ist. WindNODE löst Netzwerkeffekte weit über den ursprünglichen Projektgegenstand aus – denn wo sich eine lebendige Plattform für das „Who is who“ der ostdeutschen Energiewirtschaft bietet, entstehen fast zwangsläufig neue Ideen und Kooperationen. Gezeigt hat sich das beispielsweise bei der „1. Lausitz-Konferenz – Strukturwandel und Energiewende“, die WindNODE gemeinsam mit dem Brandenburger Ministerpräsidenten und dem IKEM am 9. September 2019 in Schwarze Pumpe ausgerichtet hat. Zehn namhafte Unternehmen haben mit dem „Lausitz-Memorandum für Nachhaltigkeit, Innovation und Arbeitsplätze“ konkrete Ideen für die Gestaltung des Strukturwandels in der Lausitz vorgelegt, von Wind- und Solarparks über neue Produktionsstätten für Hochtemperatur-Wärmespeicher bis hin zur Wasserstoffwirtschaft und zu grünen Großrechenzentren. Die Arbeit an diesen Zukunftsideen hat gerade erst begonnen – und WindNODE darf sich dabei als Katalysator verstehen.

▶ V.l.n.r.:

Dr.-Ing. Klaus Freytag
(Beauftragter des Brandenburger
Ministerpräsidenten für die Lausitz),

Markus Graebig
(Gesamtprojektleiter WindNODE),

Dr. Martina Münch
(Ministerin für Wissenschaft,
Forschung und Kultur in Brandenburg),

Prof. Dr.-Ing. Jörg Steinbach
(Minister für Wirtschaft, Arbeit und Energie
in Brandenburg),

Simon Schäfer-Stradowsky
(Geschäftsführer IKEM),

Michael Stein
(Geschäftsführer KSC),

Dr. Benedikt Ortman
(Geschäftsführer BayWa r.e. Solar Projects)

auf der 1. Lausitz-Konferenz 2019
in Schwarze Pumpe.



▷ Frage 9

Wie hat WindNODE die Akzeptanz und die Partizipationsmöglichkeiten in der Energiewende verbessert?

WindNODE richtet sich als F&E-Projekt eigentlich primär an ein Fachpublikum. Dennoch liegt es uns am Herzen, die Gesellschaft einzubinden, Akzeptanz für die Energiewende zu steigern und mehr noch: unsere Faszination für die Energiewende weiterzugeben. Grundlage ist unser übergreifendes WindNODE-Narrativ: „Wir können Energie und Wende“. Darin richten wir den Fokus auf die Besonderheiten unserer Region, erklären die Herausforderungen der zweiten Phase der Energiewende und zeigen die Chancen durch die Energiewende für unsere Projektregion sowie ganz Deutschland als Exportnation auf. In der Zusammenschau lassen sich einige besonders wertvolle Lehren aus der Projektarbeit identifizieren:

▷ **Anlaufstellen in der Region schaffen:**

Sowohl die „besuchbaren Orte“ als auch die Ausstellung „WindNODE live!“ zeigen die Anziehungskraft realer Orte und Exponate. Gerade ein Schaufensterprojekt wie WindNODE, für das die Verankerung in der Region wesensbestimmend ist, muss dort auch präsent sein und einfach zugängliche Informations- und Treffpunkte schaffen.

▷ **Perspektivwechsel ermöglichen und anregen:**

Der Energiewendediskurs ist komplex und an manchen Stellen verhärtet. Formate wie das „Energy Transition Game“ helfen den Teilnehmenden, einen Perspektivwechsel zu vollziehen und miteinander ins Gespräch zu kommen. Aber auch innerhalb von WindNODE galt es manchmal, „Sprachbarrieren“ zwischen verschiedenen Disziplinen zu überwinden. Dazu hat unsere „WindNODE-Akademie“ maßgeblich beigetragen. Nicht zuletzt bieten auch Ansätze wie „Energie und Kunst“, für die wir sogar international kooperiert haben, neue Perspektiven und können damit Akzeptanz steigern.

▷ **Die Community verlassen:**

WindNODE als Schaufenster soll, ebenso wie SINTEG insgesamt, kein „Closed Shop“ sein. Auch mit überschaubaren Mitteln konnten wir überraschende Erfolge erzielen (z. B. WindNODE Challenge, WindNODE live!, Energyhacks) und zumindest die Kernbegriffe der Arbeit in WindNODE (Sektorkopplung, Flexibilisierung, Digitalisierung des Energiesystems) vermitteln.

▷ **Echte Probleme lösen:**

Sowohl unser übergreifendes WindNODE-Narrativ als auch konkrete Projekte wie die „besuchbaren Orte“ oder die Lausitz-Konferenz leisten vor allem eins: Sie zeigen, dass die Energiewende hilft, spürbare Probleme erfolgreich anzugehen – den Klimawandel, den Strukturwandel oder auch eine technische Herausforderung. Die Energiewende ist kein Problem, sie löst Probleme – darum geht es bei WindNODE.



Profis für die Energiewende

Alle Menschen – in Deutschland genauso wie weltweit – sind schon heute unmittelbar vom Klimawandel betroffen, ob sie sich nun dafür interessieren oder nicht. Die Dürrejahre 2018 und 2019 sind nur ein Beispiel. Die weltweite „Fridays for Future“-Bewegung hat der Sorge vieler, speziell junger Menschen um ihre Zukunft und ihre natürlichen Lebensgrundlagen eine eindrucksvolle Stimme verliehen. Ihr Anliegen eines wirksamen Klimaschutzes teilen wir bei WindNODE aus voller Überzeugung. Zur Lösung dieser Menschheitsherausforderung wollen wir mit unserer Arbeit beitragen. Dazu hat WindNODE reihenweise Profis in Energiewende- und Klimaschutzfragen an Bord – Ingenieure, Physiker, Juristen, Ökonomen, Data Scientists und Sozialwissenschaftler. Trotzdem glauben wir, dass Energiewende keineswegs nur etwas für Profis ist. „Fridays for Future“ hat gezeigt, wie wichtig die Weckrufe aus der Öffentlichkeit sind. Und ohnehin kann eine Energiewende ohne oder gar gegen die Bevölkerung nicht gelingen: Das haben viele politische Akteure und die allermeisten Unternehmen mittlerweile verinnerlicht.



▷ Frage 10

Was bleibt von WindNODE – und was kommt danach?

WindNODE schafft Netzwerk und Kooperationen, Systemsicht und Energiewende-Leuchttürme

WindNODE ist viel mehr als die Summe seiner Teile: Die Systemsicht auf das Energiesystem mit einer Versorgung von 100 Prozent erneuerbarer Energie. Die Erkenntnis, dass Flexibilität wirkt. Die Sogwirkung eines großen Schaufensterprojekts mit Zusammengehörigkeitsgefühl in ganz Nordostdeutschland. Ein exzellentes Kompetenznetzwerk und gegenseitiges Vertrauen, auf dem auch zukünftige Projekte aufbauen werden – einige sind bereits ganz konkret in Vorbereitung. Besuchbare Orte, die Lust auf Energiewende machen. Und vieles mehr: Wir haben unsere neun Arbeitspaketkoordinatoren gefragt, was aus ihrer Sicht von WindNODE bleibt und was danach kommt. Die Antworten sprechen für sich, wir zitieren sie hier in Auszügen.

Was bleibt von WindNODE?

„WindNODE hat uns gezeigt, dass eine vollständige Deckung des Energiebedarfs aus Erneuerbaren nicht nur technisch, sondern auch wirtschaftlich und regulatorisch möglich ist.“

„Von WindNODE bleiben wertvolle Erfahrungen zu den vielfältigen Flexibilitätsoptionen (...) und die Erkenntnis, welche Schritte hin zu einer breiteren Anwendung in den Sektoren Mobilität, Wärme und Kälte noch notwendig sind.“

„Die Gewissheit, dass es eigentlich (...) keine Alternative für die umfassende Nutzung von erneuerbaren Energien gibt.“

„Demonstratoren, die die Sichtbarkeit und die Bedeutung der Energiewende (...) erhöhen können.“

„Die Sogwirkung eines großen Schaufensterprojekts mit Zusammengehörigkeitsgefühl in unserer Region und ein lebendiges Netzwerk von Partnern, die auch in Zukunft in innovativen Zusammenhängen kooperieren werden.“

„Ein exzellentes Kompetenznetzwerk, das gezeigt hat, dass die Energiewende funktioniert, wenn Partner aus verschiedenen Disziplinen gemeinsam an Lösungen arbeiten.“

„Die Systemsicht auf das Energiesystem mit einer Versorgung von 100 Prozent erneuerbarer Energie.“

„Größeres Vertrauen der unterschiedlichen Akteure zueinander für gemeinsame Lösungen.“

Was kommt danach?

„(Mit der) IKT-Vernetzungsplattform wurde das gemeinschaftliche Ziel verfolgt, mithilfe von Daten Mehrwerte für die Energiewirtschaft zu schaffen. (...) Zentrale übergeordnete Fragestellung (ist der) Umgang mit dem Spannungsverhältnis zwischen wirtschaftlichen Interessen und Offenheit der Daten sowie Dienste.“

„Was jetzt noch fehlt, ist der gesetzliche Rahmen, um solche Konzepte zur systemdienlichen Sektorkopplung wirtschaftlich möglich zu machen.“

„WindNODE bildet erst den Anfang einer mutigen Reallaborstrategie, die neben technischen auch wirtschaftliche und regulatorische Experimentierfelder eröffnet.“

„WindNODE (hat) Möglichkeiten zur energetischen Flexibilisierung gezeigt. Darauf aufbauend setzen wir (...) die weitere Dekarbonisierung von Industriestandorten fort.“

„Hoffentlich noch viele weitere Projekte (...) zur Integration der erneuerbaren Energien.“

„WindNODE ist der Ausgangspunkt für zahlreiche neue Projektideen und Vorhaben zur Energiewende, wie die Einbeziehung von Rechenzentren in Flexibilitätskonzepte oder die Nutzung KI-basierter Plattformen zur Steuerung und Versorgung von Wohnquartieren.“



Publikationen

Bei WindNODE wurde eine große Zahl an Publikationen u. a. in Form von Diskussionspapieren, Studien, Gutachten und in weiteren Textformaten erarbeitet.

Wir unterscheiden drei Kategorien von Publikationsformaten:

► **Signature-Papers**

werden im Rahmen der WindNODE-Koordinierungskomitees erarbeitet und dienen der übergeordneten Ergebniszusammenführung in zentralen Handlungsfeldern. Alle Signature-Papers sind nachfolgend aufgelistet und hervorgehoben.

▷ **Peer-Review-Papers**

sind unilateral erarbeitete Dokumente einzelner Partner oder Arbeitspakete, die einen WindNODE-internen Qualitätssicherungsprozess in Form einer „Peer Review“ durch andere WindNODE-Partner durchlaufen haben. Die Partner haben fachliches Feedback zum Dokument gegeben, das berücksichtigt wurde. Alle Peer-Review-Papers sind nachfolgend aufgelistet und hervorgehoben.

Partner-Papers

werden von einzelnen Partnern geschrieben, d. h. unilateral erarbeitet. Die entsprechenden Texte sind vor einer Veröffentlichung nicht notwendigerweise mit weiteren WindNODE-Partnern abgestimmt worden und können auch Einzelmeinungen darstellen. Nachfolgend sind ausgewählte Partner-Papers aufgeführt; die Liste ist ausdrücklich nicht vollständig.

Nicht Teil der folgenden Liste sind die im Rahmen von WindNODE entstandenen akademischen Abschlussarbeiten (Bachelor-, Master-, Diplomarbeiten und Dissertationen), die fast unzähligen Vorträge und Präsentationen bei Fachveranstaltungen sowie die zahlreichen Gastbeiträge von und Berichte über WindNODE in diversen Medien der Tages- und Fachpresse.

-
- **11/20** **Synthesebericht Flexibilität, Markt und Regulierung;**
WindNODE-Ergebnissynthese // Berlin, November 2020

Corusa (Hrsg.), Predel (Hrsg.)

- ▷ **11/20** **Digitalisierung und IT-Security in der deutschen Energiewirtschaft;**
Studie, Technische Universität Berlin, Institut für Energietechnik // Berlin, August 2020

Corusa, Predel, Schöne

- 10/20** **Eine Marktübersicht der Blockchain in der Energiewirtschaft – Von der Idee zum Geschäftsmodell, von der Technologie zur aktuellen Anwendung;**
Studie, Technische Universität Berlin, Institut für Energietechnik // Berlin, Oktober 2020

Corusa, Predel, Schöne

- 10/20** **Permutation-Based Residential Short-term Load Forecasting in the Context of Energy Management Optimization Objectives;**
in: Proceedings of the Eleventh ACM International Conference on Future Energy Systems // Melbourne, Juni 2020
-

-
- 08/20 **Best-Practice-Manual Flex Identifizieren!;**
WindNODE-Ergebnissynthese // Berlin, August 2020
-
- Reinisch
08/20 **Perspektivenwechsel auf die Energiewende;**
Kunstkatalog // Berlin, August 2020
-
- Schaloske, Maeding
09/20 **Flexibility and corresponding steering technologies as important elements of the energy transition: Regulatory and technical solution approaches;**
in: CIREC Berlin 2020 Workshop // Berlin, Juni 2020
-
- Beucker, Hinterholzer
► 05/20 **Effects of ICT-Enabled Flexible Energy Consumption on the Reduction of CO₂ Emissions in Buildings;**
in: ICT4S 2020 – 7th International Conference on ICT for Sustainability // Bristol, Mai 2020
-
- Koch, Letzgus
02/20 **Beitrag von Informations- und Kommunikationstechnik zum intelligenten Energiesystem;**
Technische Universität Berlin, Fachgebiet Energiesysteme // Berlin, Februar 2020
-
- Doderer, Schäfer-Stradwosky, Antoni, Metz, Knoll, Borger
01/20 **Denkbare Weiterentwicklungsoptionen für die umfassende Flexibilisierung des Energiesystems und die Sektorenkopplung;**
Positionspapier, IKEM // Berlin, Januar 2020
-
- Grüttner, Hörnig
01/20 **Wärmepumpen als Baustein einer system- und netzdienlichen Wärmewende im WEMAG-Netzgebiet;**
in: LEE-Fachtagung 2020 // Rostock, Januar 2020
-
- Voß
01/20 **Datenanalyse von Haushalts- und Gebäudelastprofilen: Distanzmaße, Prognosefehler und Mittelwerte im Kontext von Smart-Meter-Daten im Niederspannungsnetz;**
in: Tagungsunterlagen des SINTEG Science Lab 2020, S. 33–37, Conexio GmbH // Berlin, Januar 2020
-
- Töpfer, Weber
12/19 **Untersuchung zur vollregenerativen Stromversorgung mit Wasser-Speicherkraftwerken;**
in: ETG-Journal // Berlin, Dezember 2019
-
- Wessolek, Kluge
11/19 **Energy meets Art – ein WindNODE-Projekt;**
Kunstkatalog des WindNODE-Teilprojekts 9.2.3 // Berlin, November 2019
-
- Knorr, Schütt, Strahlhoff, Kroschewski, Siegl, Werner, Willner, Eckert, Wolf, Lämmel, Hasse
11/19 **Weißer Flecken in der Digitalen Vernetzung der Energiewirtschaft – IuK-Ansätze und -Lösungen;**
Studie, Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE und Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS // Kassel und Berlin, Oktober 2019
-
- Rangelov, Tcholtchev, Lämmel, Schieferdecker
10/19 **Experiences Designing a Multi-Tier Architecture for a Decentralized Blockchain Application in the Energy Domain;**
in: ICUMT 2019, Ausgabe 11 // Dublin, Oktober 2019.
-
- Anke, Dierstein, Hladik, Möst
09/19 **Begleitstudie WindNODE – Lastverschiebungspotenziale in Dresden;**
in: Schriftenreihe des Lehrstuhls für Energiewirtschaft der Technischen Universität Dresden, Band 16, TU Dresden // Dresden, September 2019
-
- Scheller, Alkhatib, Kondziella, Graupner, Bruckner
09/19 **Future merit order dynamics: A model-based impact analysis of ambitious carbon prices on the electricity spot market in Germany;**
in: IEEE Conference Proceedings, 16th International Conference on the European Energy Market // Ljubljana, September 2019
-
- Johanning, Bruckner
09/19 **Blockchain-based Peer-to-Peer Energy Trade: A Critical Review of Disruptive Potential;**
in: IEEE Conference Proceedings, 16th International Conference on the European Energy Market // Ljubljana, September 2019
-
- Seefried, Müller, Förster
08/19 **Regional Analysis of Potentials of Flexibility Options in the Electricity System for the Study Regions Prignitz in Brandenburg and Anhalt-Bitterfeld-Wittenberg in Saxony-Anhalt;**
in: Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems // Berlin, August 2019
-
- Beucker
08/19 **Reduktion von CO₂-Emissionen im Gebäudebestand durch digitales Energiemanagement;**
Stellungnahme für die Industrieinitiative Smart Living (White-Paper), Borderstep Institut // Berlin, August 2019
-

-
- 07/19** Bohne, Renger, Wessolek
New pedotransfer function (“CRC”) for the prediction of unsaturated soil hydraulic conductivity using soil water retention data;
in: Journal of International Agrophysics // Lublin, Juli 2019
-
- 06/19** Lombardi, Komarnicki, Zhu, Liserre
Flexibility options identification within Net Zero Energy Factories;
in: 13th IEEE PowerTech 2019 // Mailand, Juni 2019
-
- 06/19** Beucker, Hinterholzer
Building Energy Management Systems and Their Role in the Energy Transition Results from Research Projects and Applications in Germany;
in: ICT4S 2019 – 6th International Conference on ICT for Sustainability // Lappeenranta, Juni 2019
-
- 06/19** Elvers, Voß, Albayrak
Short-Term Probabilistic Load Forecasting at Low Aggregation Levels using Convolutional Neural Networks;
in: 13th IEEE PowerTech 2019 // Mailand, Juni 2019
-
- 06/19** Voß, Jain, Albayrak
Subgradient Methods for Averaging Household Load Profiles under Local Permutations;
in: 13th IEEE PowerTech 2019 // Mailand, Juni 2019
-
- 05/19** Süße, Prell, Stoldt, Strehle, Richter, Schlegel, Putz
Load and energy management for factories through multi-stage production planning and optimization;
in: Procedia CIRP, Band 80/2019, S. 257–262 // Indiana, Mai 2019
-
- 05/19** Kertscher, Stieger, Koch, Quade, Rönneburg
Aktive Blindleistungssteuerung – Systemdienstleistung aus dem Verteilnetz;
ETG-Tagung 2019 // Esslingen am Neckar, Mai 2019
-
- 05/19** Süße, Stoldt, Schlegel, Putz
Decision support for planning techniques in energy efficiency projects;
in: Procedia CIRP, Band 69/2018, S. 306–311 // Kopenhagen, Mai 2019
-
- **04/19** Kondziella, Graupner, Bruckner, Doderer, Schäfer-Stradowsky, Koch, Letzgas, Erdmann, Guder, Holst
Marktdesign, Regulierung und Gesamteffizienz von Flexibilität im Stromsystem – Bestandsaufnahme und Herausforderungen;
Positionspapier, Universität Leipzig, Institut für Klimaschutz, Technische Universität Berlin, Siemens AG // Berlin, April 2019
-
- 04/19** Hermann, Teich, Kassel, Kretz, Neumann, Leonhardt, Junghans
Blockchain in decentralized local energy markets;
in: Popplewell, Thoben, Knothe, Poler, Enterprise Interoperability VIII – Proceedings of the I-ESA Conferences 9, Springer // Berlin, April 2019
-
- 03/19** Caro-Ruiz, Lombardi, Richter, Pelzer, Komarnicki, Pavas, Mojica-Nava
Coordination of optimal sizing of energy storage systems and production buffer stocks in a net zero energy factory;
in: Applied Energy, Band 238, S. 851–862 // März 2019
-
- 02/19** Doderer, Kondziella, Koch, Guder
Technologieneutralität und ökologische Wirkung als Maßstab der Regulierung von Flexibilitätsoptionen im Energiesystem;
in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Jahrgang 69, Heft 1/2 // Berlin, Februar 2019
-
- **02/19** Thesenpapier Flexibilität;
WindNODE-Ergebnissynthese // Berlin, Februar 2019
-
- 12/18** Anke, Möst, Kupke, Graebig, Franke
Bewertung lokaler und kommunaler Flexibilitätspotenziale: Verbundprojekt WindNODE;
in: BWK Das Energie-Fachmagazin, Ausgabe 12/2018, VDI Fachmedien // Düsseldorf, Dezember 2018
-
- 12/18** Reinisch
Energie und Kunst – Visionen einer gelungenen Energiewende;
Kunst katalog // Berlin, Dezember 2018
-
- 10/18** Voß, Bender-Saebelkamp, Albayrak
Residential Short Term Load Forecasting Using Convolutional Neural Networks;
in: IEEE International Conference on Communications, Control, and Computing Technologies for Smart Grids (SmartGridComm) // Aalborg, Oktober 2018
-
- 10/18** Voß, Haja, Albayrak
Adjusted Feature-Aware k-Nearest Neighbors: Utilizing Local Permutation-Based Error for Short-Term Residential Building Load Forecasting;
in: IEEE International Conference on Communications, Control, and Computing Technologies for Smart Grids (SmartGrid-Comm) // Aalborg, Oktober 2018
-
- 10/18** Teich, Kretz, Neumann, Hermann
Blockchain in dezentralisierten Energiemärkten;
in: 25th Interdisciplinary Scientific Conference Mittweida (IWKM) // Mittweida, Oktober 2018
-

-
- Behnert, Bruckner
09/18 Cost effects of energy system stability and flexibility options: an integrated optimal power flow modeling approach;
 in: Working Paper No. 155, ISSN 1437-9384, Faculty of Economics and Management Science, University of Leipzig // Leipzig, September 2018
-
- **09/18 WindNODE-Jahrbuch 2018 – Wer wir sind und was wir tun;**
 WindNODE-Übersicht zur Projekthalbzeit // Berlin, September 2018
-
- Blasius, Wang
08/18 Effects of charging battery electric vehicles on local grid regarding standardized load profile in administration sector;
 in: Applied Energy, Band 224, S. 330–339 // August 2018
-
- Doderer, Schäfer-Stradowsky
07/18 Bestandsaufnahme der rechtlichen Hemmnisse und Anreize für die umfassende Flexibilisierung des Energiesystems;
 Positionspapier, IKEM // Berlin, Juli 2018
-
- Raue, Strehle, Stoldt, Schlegel, Richter, Lange
04/18 Mehrstufiges multikriterielles Job Shop Scheduling – Heuristik zur Lösung des Job-Shop-Problems unter energetischen und wirtschaftlichen Zielgrößen;
 in: wt Werkstatttechnik online, Ausgabe 4/2018, S. 210–216, VDI Fachmedien // Düsseldorf, April 2018
-
- Doderer, Steffensen, Schäfer-Stradowsky
03/18 Power to Heat – Eine Chance für die Energiewende;
 Positionspapier, IKEM // Berlin, März 2018
-
- Behnert, Bruckner
03/18 Causes and effects of historical transmission grid collapses and implications for the German power system;
 in: Institute for Infrastructure and Resources Management (IIRM), Universität Leipzig // Leipzig, März 2018
-
- Schabel, Fichter
02/18 Inkubationsprogramme in der Energiewirtschaft. Merkmale, Erfolgseinschätzungen und Gestaltungsansätze;
 Studie, Borderstep Institut // Berlin, Februar 2018
-
- Pelzer, Richter, Lombardi, Komarnicki
11/17 Energy intensive industry as the backbone for demand side flexibility;
 in: International ETG Congress 2017, Die Energiewende – Blueprints for the new energy age, S. 611–616 // Bonn, November 2017
-
- Hempel, Fischer, Veit, Hommel, Kretz, Dziurzik, Bodach
11/17 Energiewende im Niederspannungsnetz – Modellregion Zwickau;
 in: International ETG Congress 2017, Die Energiewende – Blueprints for the new energy age, S. 538–543 // Bonn, November 2017
-
- Steffan, Heinrich, Safarik, Honke
10/17 Highest Efficiency Ice Storage for Solar Cooling Systems – Experiences with a Vacuum Ice Slurry Cold Thermal Energy Storage;
 in: International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry // Abu Dhabi, Oktober/November 2017
-
- Safarik
10/17 Regenerative Energien: Neue Möglichkeiten durch Flüssigeis;
 in: Wirtschaftsbild Spezial: Moderne Gebäudetechnik 2017, S. 23, Union Betriebs-GmbH // Rheinbach, Oktober 2017
-
- Markert, Bohne, Facklam, Wessolek
09/17 Pedotransfer-functions of soil thermal conductivity for the textural classes sand, silt and loam;
 in: Soil Science Society of America Journal // Washington, September 2017
-
- Hommel, Blumhagen, Leonhardt, Werler, Bodach, Zacharias, Demmler, Bilsing
08/17 Experiences from an e-mobility project in a local power grid with redox-flow energy storage system;
 in: IEEE // San Francisco, August 2017
-
- Graupner, Behnert, Reichelt, Kühne, Bruckner
06/17 Transmission grid stabilization using virtual power plants;
 in: 14th International Conference on the European Energy Market (EEM) // Dresden, Juni 2017
-
- Maeding
06/17 Intelligente Messsysteme: Vernetzte Endkunden und sichere Kommunikation;
 in: Nicole Egert (Hrsg.), Innovation. Integration. Intelligent. Auf dem Weg in die Energiewirtschaft 4.0, S. 265 // Berlin, Juni 2017
-

Abkürzungsverzeichnis

AC	Alternating Current (Wechselspannung)	JSON	JavaScript Object Notation
Ah	Ampèrestunde	K	Kelvin
AP	Arbeitspaket	KEMS	Kommunales Energiemanagementsystem
API	Application Programming Interface (Programmierschnittstelle für Anwendungen)	KI	Künstliche Intelligenz
App	Application (Anwendung)	KMU	Kleine und mittelständische Unternehmen
ASEW	Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung GbR im VKU	KoKo	Koordinierungskomitees
B2B	Business-to-Business (etwa: Geschäftsbeziehung zwischen Unternehmen)	kV	Kilovolt
Berlin Partner	Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH	kVA	Kilovoltampère
BHKW	Blockheizkraftwerk	kW	Kilowatt
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik	LCA	Life Cycle Assessment (Lebenszyklusanalyse)
BSR	Berliner Stadtreinigung AöR	LEAG	Lausitz Energie Kraftwerke AG
BTU	Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg	LMN	Local Metrological Network (Lokales Metrologisches Netz)
BVG	Berliner Verkehrsbetriebe AöR	LTE	Long-Term Evolution (etwa: langfristige Entwicklung)
BWB	Berliner Wasserbetriebe AöR	MEG	Mitteldeutsche Erfrischungsgetränke GmbH & Co. KG
C2B	Consumer-to-Business	MES	Manufacturing Execution System (Produktionsleitsystem)
CLS	Controllable Local System (etwa: steuerbares lokales System)	MHz	Megahertz
CSV	Comma-Separated Values (kommagetrennte Werte)	MS	Mittelspannung
DAI-Labor	Distributed Artificial Intelligence Laboratory der Technischen Universität Berlin	Mvar	Megavar
DC	Direct Current (Gleichspannung)	MW	Megawatt
DKE	Deutsche Kommission Elektrotechnik in DIN und VDE	MWh	Megawattstunden
DNE	Dynamischer Netzeditor	NABEG	Netzausbaubeschleunigungsgesetzes
e2m	Energy2market GmbH	NGO	Non-Governmental Organization (Nichtregierungsorganisation)
EDM	Energy Data Management (Energiedatenmanagement)	NS	Niederspannung
EE	Erneuerbare Energie	OKFN	Open Knowledge Foundation Deutschland e.V.
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz	ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
EMS	Energy Management System (Energiemanagementsystem)	P2P	Peer-to-Peer
EMT	Externer Marktteilnehmer	PDF	Portable Document Format (portables Dokumentenformat)
EnSys	Fachgebiet Energiesysteme der Technischen Universität Berlin	PLC	Powerline Communication (Powerline-Kommunikation)
enWG	Energiewirtschaftsgesetz	PMO	Project Management Office (Projektmanagementbüro)
ESM	Einspeisemanagementmaßnahmen	PRL	Primärregelleistung
EUREF	Europäisches Energieforum	PtC	Power-to-Cold (etwa: elektrische Energie zu Kälte)
EVU	Energieversorgungsunternehmen	PtH	Power-to-Heat (etwa: elektrische Energie zu Wärme)
F&E	Forschung und Entwicklung	PtX	Power-to-Value (etwa: elektrische Energie zu ökonomischem Wert)
FH	Fachhochschule	PV	Photovoltaik
FOKUS	Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme	PWR	Power (etwa: An-Aus-Schalter)
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	REST	Representational State Transfer
GIS	Geoinformationssystem	RLI	Reiner Lemoine Institut gGmbH
GLT	Gebäudeleittechnik	SAIDI	System Average Interruption Duration Index (etwa: Index der durchschnittlichen Ausfalldauer des Systems je versorgtem Verbraucher)
GPRS	General Packet Radio Service (etwa: allgemeiner paketorientierter Funkdienst)	SBA	Search-Based Application (suchbasierte Anwendung)
GTAI	Germany Trade and Invest – Gesellschaft für Außenwirtschaft und Standortmarketing mbH	SCR	Smart Capital Region
GVB	Gesamtvorhabenbeschreibung	SDL	Systemdienstleistung
GW	Gigawatt	SENSE	Fachgebiet Energieversorgungsnetze und Integration Erneuerbarer Energien der Technischen Universität Berlin
GWA	Gateway Administrator	SINTEG	Schaufenster Intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende
GWh	Gigawattstunden	SLP	Standardlastprofil
HKS4	Hochsichere Kommunikationsszenario 4	SMGW	Smart Meter Gateway
HKW	Heizkraftwerk	SPF	Solar Punk Festival
HKWG Cottbus	Heizkraftwerksgesellschaft Cottbus mbH	SW	Stadtwerke
HS	Hochspannung	TAP	Teilarbeitspaket
HTML	Hypertext Markup Language (Hypertext-Auszeichnungssprache)	ThEGA	Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur GmbH
HTTPv2	Netzwerkprotokoll im Internet	TSO	Transmission System Operator (Übertragungsnetzbetreiber)
IBMS	Intelligentes Blindleistungsmanagementsystem	TU	Technische Universität
IEE	Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik	TVB	Teilvorhabenbeschreibungen
IFF	Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung	ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
IIRM	Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement der Universität Leipzig	V	Volt
IKEM	Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e. V.	VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie	VDTC	Virtual Development and Training Centre
ILK Dresden	Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH	VHPready	Virtual Heat and Power Ready
IuK	Informations- und Kommunikationstechnologie	VNB	Verteilungsnetzbetreiber
iMSys	Intelligentes Messsystem	WAN	Wide Area Network (Weitverkehrsnetz)
IoT	Internet of Things	WFBB	Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH
IPv6	Internet Protocol Version 6	WHZ	Westfälische Hochschule Zwickau
ISO	Internationale Organisation für Normung	ZEV	Zwickauer Energieversorgung GmbH
IWU	Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik	ZIEL	Zukunftsfähiges Intelligentes Energie- und Lastmanagement
		VKU	Verband kommunaler Unternehmen e. V.

Glossar

Die **AP-Koordinatoren** moderieren den übergreifenden Austausch zwischen Teilarbeitspaketen im gleichen Arbeitspaket, bilden die Liaison zur Verbundkoordination und beraten sie in fachlichen Fragen.

Die neun **Arbeitspakete** (AP) gliedern WindNODE administrativ, indem sie Teilarbeitspakete mit ähnlichen Zielsetzungen thematisch bündeln. Zusammen bilden die neun Arbeitspakete eine umfassende Sicht auf das intelligente Energiesystem von der Erzeugung bis zum Verbrauch.

Die **assozierten Partner** beteiligen sich mit konkreten Projektbeiträgen an der Arbeit des WindNODE-Verbunds, erhalten jedoch keine finanzielle Förderung.

Die „**besuchbaren Orte**“ sind ein in WindNODE entwickeltes Instrument, um den Schaufenstergedanken des SINTEG-Förderprogramms mit Leben zu füllen. Hier können interessierte Besucherinnen und Besucher mehr über die Energiewende und ihre technischen, wirtschaftlichen, juristischen und sozialen Herausforderungen und ihre Lösungsansätze aus WindNODE erfahren. Konkrete Demonstratoren öffnen ihre Türen und laden zum Besuch ein.

Eine **Experimentierklausel** schafft für berechtigte Partner Freiheitsgrade im regulatorischen Rahmen, um ihre Lösungsansätze experimentell erforschen zu können. So ermöglicht es die SINTEG-Verordnung beispielsweise, Lastflexibilisierungen zu erproben, ohne in der Festlegung der Netzentgelte nach geltender Regulierung Nachteile zu erleiden. So können systemisch interessante, aber im aktuellen rechtlichen Umfeld noch nicht praktikable Lösungen erprobt und zugleich Hinweise auf die Weiterentwicklung des regulatorischen Rahmens gewonnen werden.

Die **Koordinierungskomitees** sind Arbeitsgremien, in denen Arbeitspaket-übergreifende, gemeinsame Ergebnisse erarbeitet werden. Neben der verbundinternen Ergebniszusammenführung sollen sie Beiträge u. a. für die politische Diskussion liefern.

Der **Lenkungskreis** ist das Entscheidungs- und Aufsichtsgremium von WindNODE. Hier engagieren sich sieben institutionelle Partner dabei, die strategischen Linien des Projekts festzulegen und die WindNODE-Verbundkoordination zu steuern.

Die **politische Schirmherrschaft** über WindNODE haben die Ministerpräsidenten der fünf ostdeutschen Bundesländer sowie der Regierende Bürgermeister von Berlin übernommen. Auf der Arbeitsebene findet darüber hinaus ein intensiver Austausch mit den Ministerien der beteiligten Länder statt.

Der Begriff **Reallabor** bezeichnet eine neue, dritte Säule der Forschungsförderung in Deutschland. Anders als in der Grundlagenforschung und der angewandten Forschung liegt die Priorität von Reallaboren auf der Erforschung der praktischen Umsetzung und der Skalierung von marktnahen Lösungen in einem gesamtsystemischen Ansatz, der technische, wirtschaftliche, soziale und regulatorische Aspekte einbezieht. Eine Besonderheit der SINTEG-Reallabore ist auch die sogenannte Experimentierklausel SINTEG-V („SINTEG-Verordnung“ auf Basis von § 119 EnWG).

Als **Schaufenster** werden die fünf innerhalb von SINTEG geförderten Verbundprojekte bezeichnet. Die Bezeichnung nimmt Bezug auf das Generationenprojekt Energiewende, das von der gesamten Bevölkerung getragen werden muss. Im Schaufenster sollen daher alle Interessierten die wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Fortschritte sehen und erleben können, die auf dem Weg zur Energieversorgung der Zukunft gemacht werden.

Die Abkürzung **SINTEG** steht für das Förderprogramm „Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. SINTEG will in der Laufzeit 2017–2021 Blaupausen für die Zukunft der Energieversorgung entwickeln.

Die **SINTEG-V**, oder SINTEG-Verordnung, ist die Experimentierklausel des SINTEG-Förderprogramms nach § 119 EnWG. Sie regelt einen wirtschaftlichen Nachteilsausgleich, damit für berechtigte Partner eine Teilnahme von Anlagen an Experimenten innerhalb der Schaufenster möglich wird.

In den 50 **Teilarbeitspaketen** (TAP) findet die fachliche Arbeit von WindNODE statt. Hier bringen jeweils ein oder mehrere Verbundpartner gemeinsam mit assoziierten Partnern und Unterauftragnehmern die Energiewende in konkreten Projekten voran.

Die **Unterauftragnehmer** sind von einzelnen Verbundpartnern im Projekt mit bestimmten Aufgaben beauftragt, erhalten aber keine direkte finanzielle Förderung aus SINTEG.

Die **Verbundkoordination** für WindNODE wird treuhänderisch durch die 50Hertz Transmission GmbH geleistet, die dazu ein fünfköpfiges „Project Management Office“ (PMO) eingerichtet hat.

Die **Verbundpartner** sind vollständig in die Projektarbeit eingebunden und erhalten im Rahmen des Förderprogramms SINTEG eine finanzielle Förderung.

Der Name **WindNODE** steht ursprünglich für „Windenergie als Beitrag Nordostdeutschlands zur Energiewende“.

Bildnachweise

S. 8/9: 50Hertz/Jan Pauls; · S. 20/21: 3©Lena Giovanazzi; „Green is new black“ © LAVA – LABORATORY FOR VISIONARY ARCHITECTURE; Die Hoffotografen GmbH Berlin · S.22/23: Ministerium für Wirtschaft und Energie; Till_Budde; Landesregierung Brandenburg · S. 24/25: Susi Knoll; 50Hertz Transmission GmbH; Energieministerium Mecklenburg-Vorpommern · S. 26/27: ©Ines Escherich/Fraunhofer IWU; Dennis Williamson; Pawel-Sosnowski · S. 28/29: Manuel Pape; Jens Wolf; Andreas Lander · S. 30/31: Steve Bauerschmidt; Freistaat Thüringen · S. 42: Ellery Studio · S. 60/61: guteksk7 – stock.adobe.com · S. 62–65: Fraunhofer FOKUS; Philipp Plum/Fraunhofer FOKUS · S. 66/67: abbasto; Dr. Georg Meyer-Braune; Stromnetz Berlin GmbH · S. 68/69: Stromnetz Berlin GmbH; Friedrich Rojahn · S. 70/71: Pumacy Technologies AG · S. 72/73: ENERTRAG AG · S. 74/75: Belectric · S. 76–79: © ENERTRAG; © Ronald Mundzeck · S. 80/81: Stadtwerke Frankfurt (Oder) · S. 82/83: IBAR Systemtechnik GmbH · S. 84/85: 50Hertz Transmission · S. 86/87: TU Berlin · S. 88/89: © BTU; Prof.Dr.Harald Schwarz · S. 90–93: WEMAG/Stephan Rudolph-Kramer; WEMAG · S. 94/95: TU Berlin · S. 96/97: Universität Rostock; 50Hertz Transmission GmbH · S. 98/99: Stromnetz Berlin GmbH · S. 100/101: Stromnetz Berlin/Andreas Friese · S. 102/103: Bader; e2m · S. 104/105: Green Cycle · S. 106–109: Bosch.IO GmbH; Stromnetz Berlin GmbH; Philipp Mahr; devolo; Philipp Mahr · S. 110/111: Energiequelle; Solandeo GmbH · S. 112/113: devolo · S. 114/115: Stromnetz Berlin GmbH; Stromnetz Berlin GmbH; Jan Pauls · S. 116/117: GridLab · S. 118/119: © ahnen&enkel/Silke Reents; Dr. Katrin Müller · S. 120/121: Hannes Doderer; Jonathan Mars · S. 122–125: Uni Leipzig · S. 126/127: TU Berlin; Andreas Corusa · S. 128/129: Universität Leipzig · S. 130–133: BSR; Berliner Wasserbetriebe, 2019; © Berliner Wasserbetriebe/Jacky Hoyer; Berliner Wasserbetriebe, 2019 · S. 134/135: Enio Rolando Alburez Gutierrez (Mitarbeiter der BVG); Oliver Lang, BVG · S. 136–139: ILK Dresden; Stefan Sauer, ILK Dresden; ILK Dresden · S. 140–143: WEMAG/Stephan Rudolph Kramer; WEMAG · S. 144–147: ©Paul Langrock; ©Paul Langrock; GASAG; GASAG Solution Plus · S. 148–151: Pedro Becerra; markusaltmann; Vattenfall · S. 152/153: Stadtwerke Hennigsdorf; Jörn Pestlin · S. 154/155: © Fraunhofer IWU · S. 156/157: © Fraunhofer IWU · S. 158/159: © Siemens AG · S. 160–163: André Naumann/ Fraunhofer IFF; Fraunhofer IFF; Daniela Martin/Fraunhofer IFF · S. 164/165: BSR; ÖKOTEC; Ellery Studios · S. 166/167: Copyright Berliner Wasserbetriebe/Anthro-Media; Regina Gnirß; Copyright Berliner Wasserbetriebe · S. 168–171: BMW AG · S. 172/173: Andreas Franke für LEAG; Eigene Darstellung LEAG · S. 174/175: © ahnen&enkel · S. 176/177: Zwickauer Energieversorgung GmbH · S. 178/179: Thomas Koller/enersis suisse AG, 2015 · S. 180–183: © ahnenenkel.com/Silke Reents; © DAI-Labor, TU-Berlin · S. 184–187: Stadtentwässerung Dresden GmbH · S. 188/189: © Kerstin Reisch/Lumenion GmbH · S. 190/191: Eugen Litwinow, ElleryStudio · S.192/193: 50Hertz Transmission GmbH · S.194–197: © Berlin Partner/Photothek.de; Energy meets Art · S. 198/199: WindNODE; © AhnenEnkel/ Hanna Bousouar; © Berlin Partner/ Photothek.de · S. 200/201: © Berlin Partner; WindNODE · S. 202–205: Stromnetz Berlin GmbH · S. 206/207: ASEW · S. 208/209: DIN; Friederike Nabrdalik; Sönke Nissen · S. 210/211: TU Berlin/PR/Felix Noak; Jan Fels; TU Berlin/PR/Felix Noak · S. 216/217: Markus Graebig; adobestock.com/Yevgeniy; adobestock.com/finecki; adobestock.com/rudi1976; adobestock.com/SeanPavonePhoto · S. 218/219: 50Hertz Transmission GmbH; Stromnetz Berlin GmbH; Fraunhofer FOKUS; Berlin Partner; WindNODE; Klaus Henschke, Wolfgang Korek · S. 224–233: Energy meets Art · S. 234–239: Energie und Kunst; Wessolek, Kluge, Energy meets Art – ein WindNODE-Projekt; Kunstkatalog des WindNODE-Teilprojekts 9.2.3, Berlin, November 2019 · S. 240–243: Prof. Dr. Ingo Uhlig; Leo Zwiebel · S. 244–245: artwork.earth; Andrew Davidson · S. 253: ©WindNODE/ Frank Woelfling

Impressum

ÜBER WINDNODE

WindNODE ist Teil des Förderprogramms „Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende“ (SINTEG) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Es umfasst die sechs ostdeutschen Bundesländer inklusive Berlin und steht unter der Schirmherrschaft der Regierungschefs der teilnehmenden Bundesländer. In WindNODE arbeiten über 70 Partner vier Jahre lang, von 2017 bis 2020, gemeinsam an übertragbaren Musterlösungen für das intelligente Energiesystem der Zukunft. WindNODE zeigt ein Netzwerk flexibler Energienutzer, die ihren Stromverbrauch nach dem schwankenden Angebot von Wind- und Sonnenkraftwerken ausrichten können. Ziel ist es, große Mengen erneuerbaren Stroms ins Energiesystem zu integrieren und zugleich die Stromnetze stabil zu halten.

⊕ Weitere Infos unter:
www.windnode.de

ÜBER SINTEG

Mit dem Förderprogramm „Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende“ (SINTEG) will das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) zeigen, wie die Zukunft der Energieversorgung aussehen kann. Die Idee von SINTEG besteht darin, übertragbare Musterlösungen für eine sichere, wirtschaftliche und umweltverträgliche Energieversorgung bei veränderlicher Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien zu entwickeln und zu demonstrieren. Geeignete Lösungen aus den Modellregionen sollen als Vorbild für eine breite Umsetzung in ganz Deutschland und darüber hinaus dienen. In den fünf Schaufensterregionen kooperieren Partner aus der Energiewirtschaft sowie der Informations- und Kommunikationsbranche. Seit 2017 arbeiten mehr als 300 Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Kommunen, Landkreise und Bundesländer gemeinsam an der Umsetzung der Zukunftsvision Energiewende.

⊕ Weitere Infos unter:
www.sinteg.de

Der Projektträger Jülich | Forschungszentrum Jülich GmbH (PtJ) betreut die SINTEG-Schaufenster bei der Durchführung des Förderprojekts.

⊕ Weitere Infos unter:
www.ptj.de/projektfoerderung/sinteg

Das WindNODE-Jahrbuch sowie dessen Schuber sind klimaneutrale Druckprodukte.



HERAUSGEBER

WindNODE-Projektmanagement
c/o 50Hertz Transmission GmbH
Projektleitung: Markus Graebig (V.i.S.d.P.)
Heidestraße 2, 10557 Berlin

T +49 30 5150 2805
F +49 30 5150 2877

info@windnode.de
www.windnode.de

WindNODE ist Teil des Förderprogramms „Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende“ (SINTEG) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Verbundkoordinator von WindNODE ist die 50Hertz Transmission GmbH.

50Hertz Transmission GmbH
Heidestraße 2, 10557 Berlin

T +49 30 5150 0
F +49 30 5150 2199

info@50hertz.com
www.50hertz.com

Vorsitzender des Aufsichtsrats
Christiaan Peeters

Geschäftsführer
Stefan Kapferer (Vorsitz),
Dr. Frank Golletz, Dr. Dirk Biermann, Marco Nix,
Sylvia Borcharding

Sitz der Gesellschaft
Berlin

Handelsregister
Amtsgericht Charlottenburg, HRB 84446

KONZEPT UND GESTALTUNG

Heimrich & Hannot GmbH,
Dajana Bittel (Projektmanagement),
Florian Hoyer (Layout, Satz),
Tom Petritt (Produktion)

REDAKTION

Markus Graebig (WindNODE-PMO),
Michael Wolfram (WindNODE-PMO)

DRUCK

Druckerei Thieme Meißen GmbH

DISCLAIMER

Alle in der vorliegenden Publikation enthaltenen Angaben und Informationen wurden, soweit nichts Anderweitiges vermerkt ist, vom WindNODE-Projektmanagement, von der 50Hertz Transmission GmbH oder Dritten im Rahmen des Zumutbaren sorgfältig recherchiert und geprüft. Für Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität übernehmen jedoch weder das WindNODE-Projektmanagement noch die 50Hertz Transmission GmbH noch Dritte eine Haftung oder Garantie. Das WindNODE-Projektmanagement und die 50Hertz Transmission GmbH haften nicht für direkte oder indirekte Schäden, einschließlich entgangener Gewinne, die aufgrund von oder in Verbindung mit Informationen entstehen, die in dieser Publikation enthalten sind.

