

Future Energy
Lab

BERICHT

Grundlagen und Bedeutung von Datenräumen für die Energiewirtschaft

dena-ENDA: Pilotierung eines Datenraumes am Beispiel
einer Monitoring Umgebung für Redispatch 3.0

Impressum

Herausgeber

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin

Tel.: +49 30 66 777-0

Fax: +49 30 66 777-699

E-Mail: info@dena.de

Internet:

www.dena.de

future-energylab.de

Autorinnen und Autoren:

Paula Heeß, Fraunhofer FIT

Dr. Marc-Fabian Körner, Universität Bayreuth & Fraunhofer FIT

Prof. Dr. Jens Strüker, Universität Bayreuth & Fraunhofer FIT

Lynne Valett, Fraunhofer FIT

Linda Wolf, Fraunhofer FIT

Benedikt Pulvermüller, Deutsche Energie-Agentur GmbH

Philipp Richard, Deutsche Energie-Agentur GmbH

Konzeption & Gestaltung:

die wegmeister gmbh

Letztes Update:

04/2024

Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena.

Bitte zitieren als:

Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.)(dena, 2024) „Grundlagen und Bedeutung von Datenräumen für die Energiewirtschaft“



**Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz**

Die Veröffentlichung dieser Publikation erfolgt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) unterstützt die Bundesregierung in verschiedenen Projekten zur Umsetzung der energie- und klimapolitischen Ziele im Rahmen der Energiewende.

Inhalt

Vorwort	4
Kurzfassung	5
Projektsteckbrief	6
1. Relevanz von Datenräumen für den Energiesektor	7
1.1 Warum muss die Datenverfügbarkeit erhöht und der Datenaustausch im Energiesektor weiterentwickelt werden?	8
1.2 Wie ist ein Datenraum definiert?	9
1.3 Anwendungsfall Redispatch – Wie kann ein verbesserter Datenaustausch Flexibilitätspotenziale heben?	12
1.4 Welchen Beitrag liefert das Projekt dena-ENDA?	14
2. Auswahl eines Show Case für einen deutschen Energiedatenraum	15
2.1 Welche Anwendungsfälle profitieren von einem Energiedatenraum?	16
2.2 Welche Anforderungen stellt der Show Case Redis-X an einen Energiedatenraum?	20
3. Umsetzung des Show Case Redis-X	24
3.1 Wie sieht das Datenmodell für die Umsetzung von Redis-X aus?	26
3.2 Wie ist der Energiedatenraum aufgebaut?	27
3.3 Wie kann eine zielgruppenspezifische Datenaufbereitung aussehen?	30
4. Erkenntnisse aus dem Projekt dena-ENDA zur Umsetzung eines Datenraums	34
5. Handlungsempfehlungen für zukünftige Energiedatenräume	40
Projektkonsortium	44
Kreis an Expertinnen und Experten	46
Abbildungsverzeichnis	47
Literaturverzeichnis	48
Abkürzungen	52
Glossar	53

Vorwort

Die Digitalisierung ist inzwischen zweifellos ein Schlüsselbaustein für die Dekarbonisierung unseres Energiesystems. Sie verspricht den Transformationsprozess zu beschleunigen und die systemische Effizienz in einem zukünftig immer stärker integrierten Bereich zu steigern bzw. zumindest zu erhalten, indem sie einen interoperablen und damit auch automatischen Datenaustausch ermöglicht.

Mit dem Fortschritt der Transformation und der damit einhergehenden Dezentralisierung des Energiesystems wird zunehmend klar, dass durch den Einsatz von digitalen Technologien verschiedene Kernaufgaben in einem integrierten System neu gedacht werden müssen.

Um zum Beispiel eine teil- bzw. vollautomatische Steuerung zu ermöglichen und damit den Zugang zu verschiedensten Angebots- und Nachfragemärkten für viele Akteure und Energieanlagen zu öffnen, um Transparenz hinsichtlich der Herkunft von Daten sicherzustellen, um über datenreiche Analysen kluge Entscheidungen vorzubereiten oder auch um durch kontinuierliches Monitoring die Sicherheit einer kritischen Infrastruktur zu gewährleisten, ist eine Ende-zu-Ende-Digitalisierung für eine Vielzahl an Prozessen unabdingbar und wir befinden uns erst am Anfang eines komplexen Transformationsprozesses.

Aus diesem Grund spielen Digitalisierungsprojekte mit einem pilotierenden Charakter an der Schnittstelle zwischen der Energie- und der Digitalbranche und an den Schnittstellen der verschiedenen Sektoren Strom, Verkehr und Wärme für den Umbau des Energiesystems eine immer wichtigere Rolle. Neben den verstärkten Anstrengungen zur Förderung des Rollouts digitaler Messsysteme, zum Beispiel durch das Gesetz zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende, und dem Aufbau des 450-MHz-Netzes für die kritische Energieinfrastruktur sind die Einführung und die Ausbreitung von Datenräumen für einen vertrauenswürdigen und souveränen Datenaustausch ein wichtiger Erfolgsfaktor für die Modernisierung der Branche.

Ziel des Pilotprojekts „Erkenntnisse aus der Pilotierung eines Energiedatenraums“ (kurz: dena-ENDA) war es einerseits, einen relevanten Use Case für einen Energiedatenraum auszuwählen, aber vor allem auch einen nutzbaren Show Case für den ausgewählten Use Case aufzubauen. Dabei knüpft das Projekt unmittelbar an Arbeiten und Erkenntnisse aus anderen nationalen und internationalen Gaia-X-Projekten aus anderen Sektoren an und konnte erfolgreich eine dafür nötige digitale Infrastruktur aufbauen.

Der vorliegende Bericht zeigt, wie die Datenaufbereitung, das Datenmodell und der Aufbau des Datenraums für den Use Case Redispatch 3.0 umgesetzt wurden. Darüber hinaus liefert der Bericht wichtige Grundlagen für die Ausgestaltung von Datenaustauschbeziehungen im Energiesektor und auch dafür, geeignete Use Cases für die Einführung von Datenräumen auszuwählen.

Es werden Handlungsempfehlungen basierend auf den Erkenntnissen des Projekts gegeben. Somit wird ein Beitrag geleistet, um die Digitalisierung auch auf der Ebene der Daten-Governance voranzutreiben.

Das Projekt dena-ENDA legt Grundlagen, die in viele unterschiedliche aktuell laufende Projekte, wie das europäische Vorhaben Enershare oder das deutsche Projekt energy data-X, einfließen sollten.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen!



Benedikt Pulvermüller
Leiter Digitale Technologien

Kurzfassung

Digitalisierung ist ein entscheidender Baustein für die Dekarbonisierung des Energiesystems. So verspricht der sektorübergreifende und dynamische Datenaustausch zwischen den beteiligten Anlagen und Akteuren im Energiesystem, den Transformationsprozess zu beschleunigen und die Markteffizienz zu erhöhen. Um die notwendigen Strukturen für einen solchen effizienten und sicheren Datenaustausch zu erproben und zu evaluieren, wurde im Projekt dena-ENDA eine Referenzarchitektur für einen deutschen Energiedatenraum entwickelt und für einen konkreten Anwendungsfall umgesetzt. Durch die Fokussierung auf einen spezifischen Anwendungsfall war es möglich, technische Herausforderungen im Detail zu klären und zu demonstrieren, wie der Austausch von Energiedaten mittels eines Datenraums realisiert werden kann. Damit schließt das Projekt dena-ENDA unmittelbar an die Arbeiten und Erkenntnisse aus verschiedenen nationalen und internationalen Projekten und Initiativen wie Gaia-X, energy data-X und Enershare an. Als spezifischer Anwendungsfall zur Umsetzung des Energiedatenraums wurde der sogenannte Redispatch 3.0 gewählt und ausgearbeitet. Um weitere Flexibilitätspotenziale im Energiesystem zu erschließen, sollen in dieser Weiterentwicklung des Redispatch 2.0 Energieressourcen unter 100 kW genutzt werden. Dies bedingt einen erheblichen Koordinationsbedarf und damit zusätzlichen Datenaustausch. Die vorliegende wissenschaftliche Begleitstudie fasst die Ergebnisse zusammen, ordnet die Bedeutung von Datenräumen für ein dekarbonisiertes Energiesystem ein und zeigt Anknüpfungspunkte zu anderen Initiativen auf. Auch wenn der Redispatch 2.0 noch nicht vollständig umgesetzt ist und der flächendeckende Smart Meter Gateway (SMGW) Rollout als Voraussetzung für Redispatch 3.0 noch nicht erfolgt ist, erproben wir im Future Energy Lab bereits jetzt die Herausforderungen und Chancen des zukünftigen Energiesystems, um die ehrgeizigen Ziele der Energiewende erreichen zu können.

Zur Sicherstellung der Anschlussfähigkeit in Wirtschaft und Wissenschaft wurde mit Projektbeginn ein Kreis von Expertinnen und Experten aufgebaut. Dadurch konnte die Expertise des Projektteams durch die Fachkompetenz von Akteuren aus dem Gaia-X/IDSA (International Data Spaces Association)-Umfeld, aus Verbänden und Wissenschaft sowie aus Unternehmen der Energiewirtschaft fortlaufend ergänzt werden. Auf diese Weise wurde sichergestellt, dass relevante Anforderungen und Erwartungen an einen Energiedatenraum von Beginn an berücksichtigt wurden und wichtige Erkenntnisse für die Referenzarchitektur aus Sicht potenzieller Akteure eines Energiedatenraums direkt mit in die Projektarbeit einfließen konnten.

Neben europäischen Förderprojekten wie int:net oder Enershare fokussiert sich dena-ENDA auf den sicheren Austausch und die zielgerichtete Nutzung von Energiedaten, um die notwendigen Entwicklungen im Energiesystem in Richtung Dekarbonisierung voranzutreiben. So konnten im Projekt dena-ENDA auch in kurzer Laufzeit und mit einem kleinen Projektteam wichtige Erkenntnisse

und Beiträge zur Digitalisierung der Energiewende generiert werden. Gleichzeitig hat das Projekt aber auch gezeigt, dass weitere Schritte folgen müssen, um die Umsetzung von Energiedatenräumen zu befördern. Die folgenden sechs Handlungsempfehlungen wurden aus den Projektergebnissen abgeleitet und werden am Ende der Studie näher beschrieben:

- (1) Konkretisierung und Festlegung der Daten-Governance für den Aufbau von Datenräumen:** Daten-Governance ist eine wichtige Grundlage für Datenräume. Dazu gehören Themen wie Eigentums- und Zugriffsrechte, Aufbewahrungs- und Dokumentationspflichten, Compliance regeln etc. Die Entwicklung von Ansätzen und Best Practices für Daten-Governance kann z.B. über das Dateninstitut und das Projekt energy data-X erfolgen.
- (2) Forcierung des Rollouts intelligenter Messsysteme sowie die digitale Modernisierung von Energiedatenregistern:** Um die Datenerfassung automatisiert und flächendeckend in Datenräumen nutzen zu können, sollte das Monitoring und die Durchsetzung der Ausbauziele des SMGW Rollouts verbessert werden sowie Projekte zur digitalen Modernisierung existierender Register wie dem Marktstammdatenregister (MaStR) umgesetzt werden.
- (3) Verknüpfung des Aufbaus von Energiedatenräumen und digitalen Anlagenregistern mit der Umsetzung von CO₂-Herkunfts nachweisen:** Die bisher isoliert entwickelten und betriebenen Nachweisregister sollten digitalisiert und verknüpft werden um Vermarktungs- und Differenzierungspotentiale zu haben.
- (4) Stärkung der Interoperabilität zwischen Datenräumen:** Bereits im aktuellen Aufbau von Datenräumen sollte die Interoperabilität von Datenräumen unterschiedlicher Sektoren (Energie, Mobilität, Industrie,...) ermöglicht werden.
- (5) Aufbau einer Datenökonomie:** Der kontrollierte und souveräne Zugriff auf Daten ist ein wesentlicher Zweck von Datenräumen. Dies gilt es bei der Konzeption von Datenräumen zu betrachten, um künftig weitere Geschäftsmodelle und Services zu ermöglichen.
- (6) Anreizsetzung durch regulatorische Rahmenbedingungen:** Es sollten regulatorische Rahmenbedingungen wie z.B. die Anrechenbarkeit von Datenrauminfrastruktur über die Netzentgelte oder die Umsetzung von nicht regulierten Marktprozessen über Datenräume ermöglicht werden.

Zusammenfassend zeigt das Projekt dena-ENDA, wie ein Energiedatenraum umgesetzt werden kann und damit die Basis bildet, die steigende Anzahl von Anlagen und Akteuren effizient zu steuern. Für die zukünftige Ausgestaltung von Energiedatenräumen gilt es jedoch, insbesondere die Datenverfügbarkeit im Energiesektor zu verbessern und den Nutzen bzw. Mehrwert von Energiedatenräumen für die einzelnen Akteure weiter zu evaluieren und zu kommunizieren. Die Erkenntnisse und operativen Erfahrungen werden auch in das Ende 2023 gestartete Projekt energy data-X mit einfließen und auf den Erkenntnissen von dena-ENDA aufbauen.

Projektsteckbrief

Projektname:	dena-ENDA
Projektkonsortium:	ifok GmbH (Projektleitung) Bonn Consulting (BC) innogence business consulting (ibc), vertreten durch Prof. Dr. Michael Laskowski Fraunhofer FIT PSInsight GmbH (siehe detaillierte Vorstellung der einzelnen Projektpartner auf Seite 44f)
Ansprechpartner der dena:	Benedikt Pulvermüller (Leiter Digitale Technologien)

Das Projekt dena-ENDA (**ENDA** steht als Abkürzung sowohl für den deutschen Begriff **ENERgieDAten**-raum als auch für den englischen Begriff **ENERgy DAta Space**) wurde durch die Deutsche Energie-Agentur im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) beauftragten Future Energy Lab ausgeschrieben und an ein Konsortium aus der ifok GmbH, Bonn Consulting (BC), innogence business consulting (ibc) und dem Fraunhofer FIT vergeben. Das dena-ENDA-Projekt zeigt die ersten Schritte in Richtung eines Energiedatenraums für eine datenbasierte, digitale Energiewirtschaft auf. Datenräume ermöglichen den beteiligten Akteuren einen souveränen Austausch dezentral gespeicherter Daten und können so auch zur Entstehung neuer Geschäftsmodelle und Dienstleistungen beitragen. Ausgehend vom europäischen Dateninfrastrukturprojekt Gaia-X und der International Data Spaces Association (IDSA) werden auf nationaler und europäischer Ebene sektorale Datenräume aufgebaut. Vor dem Hintergrund der Energiewende und der Notwendigkeit, weitere Flexibilitätsoptionen im Energiesystem zu erschließen, war es das Hauptziel des Projekts dena-ENDA, ergänzend zu den bereits bestehenden Initiativen einen Anwendungsfall für den souveränen Datenaustausch zwischen verschiedenen Akteuren auszuarbeiten und damit die Vorteile eines Energiedatenraums zu demonstrieren. Dieser ausgewählte Anwendungsfall (Show Case) sowie das zusätzlich generierte Wissen und weitere Anwendungsfälle sollten dabei anschlussfähig an weitere Initiativen im Umfeld von Gaia-X, IDSA und der Energiewirtschaft sein.

Im Projekt dena-ENDA wurde auf Basis der definierten Projektziele eine Referenzarchitektur für einen deutschen Energiedatenraum entwickelt und für den konkreten Anwendungsfall Redispatch 3.0 als Weiterentwicklung der Redispatch-2.0-Maßnahmen durch das Projektteam erarbeitet und implementiert. Durch die Ausarbeitung des konkreten Anwendungsfalls konnten technische Fragestellungen geklärt und es konnte die Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure in einem Energiedatenraum demonstriert werden. Die vorliegende wissenschaftliche Begleitstudie fasst die Ergebnisse der Umsetzung zusammen und erläutert das Vorgehen des Projekts. Darüber hinaus ordnet die Studie den aktuellen Wissensstand zu Datenräumen ein, um den aktuellen Status quo der Entwicklungen aufzuzeigen und die Bedeutung von Datenräumen für ein dekarbonisiertes Energiesystem einzuordnen. Auch fasst die Studie die inhaltlichen Erkenntnisse aus dem Projektteam und dem Kreis der Expertinnen und Experten zusammen, die aus den Interviews und Workshops im Projektverlauf abgeleitet werden konnten. Darauf aufbauend zeigt die Studie Handlungsempfehlungen und Anknüpfungspunkte für weitere Initiativen auf und liefert damit eine Grundlage, um Datenräume zu definieren und ihre Relevanz für die Zukunft einzuordnen.

1. Relevanz von Datenräumen für den Energiesektor

1.1 Warum muss die Datenverfügbarkeit erhöht und der Datenaustausch im Energiesektor weiterentwickelt werden?

Um im Jahr 2045 die Klimaneutralität im Sinne des deutschen Klimaschutzgesetzes zu erreichen, ist eine Beschleunigung der Dekarbonisierung aller Sektoren notwendig. Dabei weist insbesondere der emissionsintensive Energiesektor ein hohes Dekarbonisierungspotenzial auf: Die aktuelle Transformation des Energiesektors leistet bereits einen entscheidenden Beitrag dazu, Treibhausgasemissionen einzusparen, indem der Anteil an erneuerbaren Energien wächst und der Anteil fossiler Energieträger abnimmt. Die Nutzung erneuerbarer Energien führt jedoch auch zu einer volatilere Stromerzeugung, wodurch neue Ausgleichsmechanismen für Stromerzeugung und -verbrauch notwendig werden, um die Netzstabilität und damit die Versorgungssicherheit auch zukünftig zu gewährleisten.

Für das Gelingen der Energiewende und das Erreichen der Klimaziele der Bundesregierung braucht es zielgerichtete und rasche Handlungen. Dabei stellt ein effizienter und digitaler Datenaustausch einen wichtigen Handlungsstrang dar. Denn ein verbesserter Datenaustausch kann zum Beispiel durch eine Automatisierung der Kollaboration zwischen bzw. der Steuerung von Anlagen im Energiesystem dazu führen, dass durch Effizienzgewinne im System insgesamt weniger Energie gebraucht bzw. weniger Netzausgleich notwendig wird. Der notwendige Netzausgleich wird heute oftmals von fossilen Kraftwerken geleistet. So kann ein verbesserter Datenaustausch Treibhausgasemissionen des Energiesystems einsparen und einen großen, notwendigen Beitrag zu den Klimazielen leisten. Dabei ist entscheidend, dass sich der erforderliche Datenaustausch je nach Anwendungsfall unterscheiden kann, beispielsweise darin, ob Daten zwischen Datenbereitstellern und Datennutzern transferiert werden dürfen oder ob Datennutzer nur eine eingeschränkte Einsicht in bestimmte Daten erhalten. Für den Energiesektor würde ein verbesserter Datenaustausch bedeuten, dass Daten diverser Energieerzeugungs- und Energieverbrauchseinheiten oder Prosumer unterschiedlicher Größe unter definierten Richtlinien miteinander geteilt, ausgetauscht und weiterverarbeitet werden können. Mögliche Anwendungsfelder, für die ein verbesserter Datenaustausch ein enormes Potenzial für die Energiewende bietet, sind dabei thematisch breit gefächert, wie die folgenden Beispiele verdeutlichen:

- Berücksichtigung kleiner Verbrauchs- und Erzeugungseinheiten, um dezentrale Flexibilitätspotenziale zu nutzen und die Sektorenkopplung durch die Integration einer steigenden Anzahl von beispielsweise Elektrofahrzeugen und Wärmepumpen zu verbessern
- Abstimmung der Ladeprozesse von Elektrofahrzeugen auf den örtlichen Strommix und Lastprognosen, sodass Ladeprozesse zu emissionsarmen Zeiten und geringer Netzlast geplant und durchgeführt werden
- Umsetzung von Energy Communities, das heißt Optimierung und Umsetzung des Peer-to-Peer-Energiehandels zur Deckung des regionalen Strombedarfs aus bürgereigenen Erzeugungsanlagen
- Verbesserung des Austauschs und der Verarbeitung einer Vielzahl von Daten unterschiedlicher Akteure entlang der Wertschöpfungskette, um verifizierbare Emissionsnachweise erstellen zu können
- Aufbau einer Kollaborationsplattform bei Krisenlagen, das heißt im Krisenfall, zum Beispiel bei einem großflächigen Stromausfall oder einer Hochwasserlage, zur Vernetzung der Akteure, um Kaskadenpotenziale abzuschätzen und entsprechend gegensteuern zu können
- Nutzung von Datensätzen kritischer Infrastrukturen für die Umsetzung von neuen Geschäftsmodellen und Innovationen

Für die Umsetzung eines verbesserten digitalen Datenaustauschs zur Realisierung der genannten möglichen Anwendungsfelder werden seit einigen Jahren sowohl national als auch international in verschiedenen Domänen sogenannte Datenräume entwickelt und im Rahmen von Initiativen politisch verankert (siehe zum Beispiel Data Governance Act oder Data Act im Rahmen der europäischen Datenstrategie, siehe Kapitel 1.2). Mithilfe eines Datenraums können unterschiedliche Formen und Nutzungsrichtlinien für den Datenaustausch realisiert werden. Der digitale Lösungsansatz in Form eines Datenraums trägt damit im Energiekontext beispielsweise dazu bei, Erzeugungs- und Verbrauchsdaten (auch von Kleinanlagen) in kurzen Zeitintervallen an die zuständigen Netzbetreiber zu übermitteln, um damit den Lastausgleich effizienter zu gestalten. Darüber hinaus können innovative Geschäftsmodelle ermöglicht werden, da durch die Realisierung von Skaleneffekten bei der Integration von Kleinstflexibilitäten neue wirtschaftliche Potenziale erschlossen werden können.

In der Nutzung von Energiedatenräumen steckt somit großes Potenzial, um Energieversorgungssysteme zukünftig effizient zu gestalten und damit die Energiewende weiter voranzutreiben. Vor diesem Hintergrund definiert das nachfolgende Kapitel zunächst Datenräume und erläutert dann die (technischen) Bestandteile für eine Umsetzung.

1.2 Wie ist ein Datenraum definiert?

Es gibt bereits verschiedene Projekte und Initiativen innerhalb und außerhalb des Energiesektors wie Gaia-X oder Enershare, die an der Umsetzung von Datenräumen arbeiten. Eine besondere Rolle bei der Entwicklung und Definition von Datenräumen spielt die International Data Spaces Association (IDSA), eine Vereinigung, die bereits mehr als 130 Mitgliedsorganisationen aus über 20 Ländern umfasst. Die IDSA wurde mit dem Ziel gegründet, einen globalen Standard für internationale Datenräume und Schnittstellen festzulegen, um damit verbundene Technologien und Geschäftsmodelle zu fördern und die Datenwirtschaft der Zukunft branchenübergreifend voranzutreiben (Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST 2022). Die Definition und die Referenzarchitektur für Datenräume der IDSA stellen einen wichtigen Ausgangspunkt für die Entwicklung von Datenräumen dar. Die Ziele, die es bei der Umsetzung eines Datenraums zu berücksichtigen gilt, sind dabei die Gewährleistung von Vertrauen, Datensicherheit und Datensouveränität sowie der Aufbau von Datenökosystemen und standardisierter Interoperabilität (Steinbuss 2019; Pettenpohl et al. 2022). Im Detail bedeutet dies, dass vertrauensstiftende Maßnahmen und Mechanismen die Grundlage für einen Datenraum bilden, die im Folgenden genauer erläutert werden:

- Um **Vertrauen** zwischen den einzelnen Akteuren im Datenraum herzustellen, werden jede Software und alle Akteure vor Aufnahme in den Datenraum zertifiziert. Mithilfe eines digitalen Identitätsmanagements, wie beispielsweise des Konzepts von kontrollierbaren selbstsouveränen Identitäten (Self-Sovereign Identities (SSI)), kann dann Vertrauen zwischen den Akteuren geschaffen werden. Konkret wird Vertrauen über die Korrektheit von Identitäten und den damit verbundenen Rechten durch technische Verifikation erreicht. So ermöglicht beispielsweise SSI die selbstsouveräne Datenweitergabe, indem mithilfe kryptografischer Prinzipien eine Vertrauenskette vom Datenbereitsteller bis zu den Datennutzern sichergestellt wird (Schellinger et al. 2022).
- Um die **Datensicherheit** innerhalb eines Datenraums gewährleisten zu können, sollten alle Systeme mithilfe modernster Sicherheitsmaßnahmen geschützt sowie die Richtlinien von Datenbesitzern für die geteilten Daten sichergestellt und transparent dargestellt werden (Steinbuss 2019). Diese Sicherheitsanforderungen bilden unter anderem einen grundlegenden Baustein für das Vertrauen und die Datensouveränität im Datenraum. Zur Nachvollziehbarkeit und Transparenz könnten beispielsweise ein Logging der Transaktionen, das heißt ein Protokollieren aller Transaktionen durch Log-Einträge, implementiert werden, damit Datenänderungen nachvollziehbar zurückverfolgt werden können (Pettenpohl et al. 2022).
- Zur Erreichung von **Datensouveränität** sollten alle Akteure individuelle Nutzungsrichtlinien für die eigenen Datenbestände festlegen können, also die Hoheit über die eigenen Daten behalten und Eingriffe in diese Hoheit selbstbestimmt definieren können. Die Möglichkeit einer individuellen Festlegung der Nutzungsrichtlinien ist dabei entscheidend. Dafür werden Daten in verschiedene Datenbereiche eingestuft, die darüber entscheiden, an welche rechtlichen Vorgaben der Datenaustausch geknüpft ist. Die Unterscheidung zwischen Daten ohne Bezug zu einzelnen Personen und Daten mit Bezug zu einzelnen Personen bildet die Grundlage für den Rechtsbereich zur Verarbeitung der Daten. Die Einordnung der Daten in einen Bereich ist allerdings nicht trivial, da Bezüge zu Personen teilweise über verschiedene Datensätze hinweg hergestellt werden können (Deutscher Bundestag 2023). Die festzulegenden Nutzungsrichtlinien für den jeweiligen Datensatz können deshalb sowohl die Datennutzung (z. B. die Vorgabe, für welchen Zweck die Daten genutzt werden dürfen) als auch die Datennutzer (z. B. die spezifische Freigabe oder Sperrung von Daten für bestimmte Nutzer) betreffen. Diese Richtlinien schützen sensible Unternehmens- und Personendaten durch Bedingungen und Auflagen für die zielgerichtete Nutzung und Verarbeitung der geteilten Daten.
- Darüber hinaus betont die IDSA in ihrem Referenzarchitekturmodell für Datenräume die Rolle des Datenökosystems, bei dem eine dezentrale Datenspeicherung bei den Datenbesitzern im Vordergrund steht, bis die Daten mithilfe von Schnittstellen geteilt und verarbeitet werden können. Für die anschließende Datenverarbeitung durch andere vertrauenswürdige Akteure des Datenraums sind eine ausführliche Beschreibung der Datenquelle sowie ein domänenspezifisches Datenvokabular, wie zum Beispiel Referenzdatenmodelle oder Metadaten, notwendig.

Datenraum – Definition und Eigenschaften nach Steinbuss (2019)

Datenräume können den souveränen und selbstbestimmten Austausch von Daten über Unternehmensgrenzen hinweg ermöglichen. Sie nutzen bestehende Standards, Technologien und Governance-Modelle der Datenwirtschaft, um Datensicherheit, -souveränität, -interoperabilität und -übertragbarkeit sowie das Vertrauen zwischen den Akteuren in eine faire Software-Infrastruktur zu integrieren. Sie basieren auf einer dezentralen Software-Infrastruktur, die die notwendigen Software-Funktionalitäten innerhalb eines Ökosystems aus Akteuren bereitstellt. Datenräume bieten eine Grundlage zur Entwicklung von Smart Services und innovativen unternehmensübergreifenden Geschäftsprozessen.

- Ergänzend zu den genannten strategischen Anforderungen spielt auch eine **standardisierte Interoperabilität** zum Aufbau eines funktionsfähigen Datenraums eine entscheidende Rolle. Dadurch können unterschiedliche Datenarten und -formate sowie Protokolle zwischen Akteuren im Datenraum ausgetauscht werden. Dabei stellen eine Referenzarchitektur, ein Informationsmodell für Daten, die Zertifizierung der Systemkomponenten sowie die Rolle des Konnektors (engl. Connector, siehe Erklärung unter Schlüsselbeteiligte) zentrale Elemente dar (Steinbuss 2019).

Zur technischen Umsetzung der von der IDSA entwickelten Referenzarchitektur wurden verschiedene Rollen innerhalb eines Datenraums definiert. Die grundlegende Architektur des Datenraums nach den Standards der IDSA ist in Abbildung 1 dargestellt (International Data Spaces e. V. 2023). Hierzu liefern Pettenpohl et al. (2022) und Steinbuss (2019) umfangreiche Übersichten, auf die in der nachfolgenden Beschreibung zurückgegriffen wird. Im Allgemeinen bieten Datenbereitsteller (im Folgenden Data Provider) ausgewählte Daten im Datenraum an, während Datennutzer (im Folgenden Data Consumer) die ausgetauschten Daten entsprechend den vereinbarten Nutzungsrichtlinien (in Abbildung 1 als Usage Policy dargestellt) verwenden, um die Datensouveränität zu gewährleisten. Dabei können Data Provider auch gleichzeitig Data Consumer sein (und vice versa). Im Allgemeinen sind zur Umsetzung eines dezentralen Datenraums weitere Einheiten und Schnittstellen notwendig, die sich in vier verschiedene Kategorien unterteilen:

■ Schlüsselbeteiligte:

- **Data Provider** verfügen über die gespeicherten Daten. Mithilfe von Nutzungsverträgen und Berechtigungen wird die Art der Datenverwendung für Data Consumer definiert. Im Fall eines Energiedatenraums können beispielsweise Anlagenbetreiber die eingespeiste Energiemenge in 15-Minuten-Intervallen für Bilanzkreisverantwortliche

bereitstellen. Weitere Data Provider können Netz- oder Messstellenbetreiber sein, die gleichzeitig Data Consumer sind, da sie beispielsweise Einspeisedaten operativ nutzen. Als technische Schnittstelle fungieren dabei Konnektoren (in Abbildung 1 als Connector dargestellt), worüber Data Provider Daten im Datenraum bereitstellen und Data Consumer Daten von anderen Akteuren beziehen können. Konnektoren dienen somit der Anbindung an den Energiedatenraum sowohl für Anlagenbetreiber als Data Provider als auch für Bilanzkreisverantwortliche als Data Consumer.

- **Data Consumer** verwenden die Daten und erhalten mithilfe des Konnektors die Daten der Data Provider. Beispielsweise können Bilanzkreisverantwortliche als Data Consumer mit den Energiedaten von Anlagenbetreibern feingranulare Prognosen berechnen und dadurch automatisierte Entscheidungen treffen. Weitere Data Consumer im Energiedatenraum können unter anderem Einsatzverantwortliche oder Quartiersverantwortliche sein (siehe Kapitel 2.2).
- **Federator** sind die Akteure, die für die Federation Services und die Föderation (Federation) der Teilnehmer des Datenraums – der Data Provider und Data Consumer – verantwortlich sind. Unter einer Föderation wird dabei im Gaia-X Framework der Zusammenschluss einer Gruppe von teilnehmenden Akteuren in einem Datenraum verstanden, die sich an das Gaia-X-Regelwerk halten und dabei die gleichen Standards und definierten Schnittstellen umsetzen. Ziel ist es, Inselfösungen und Monopolisierung zu vermeiden und gleichzeitig die Interoperabilität und den Vertrauensaufbau zu stärken. Als Federation Services werden Software-Komponenten zur Realisierung von Datenräumen beschrieben, die die Interaktion zwischen den Akteuren ermöglichen, ohne dass ein bestimmtes Unternehmen eine dominante Rolle bei der Kontrolle des Informationsflusses einnehmen muss.

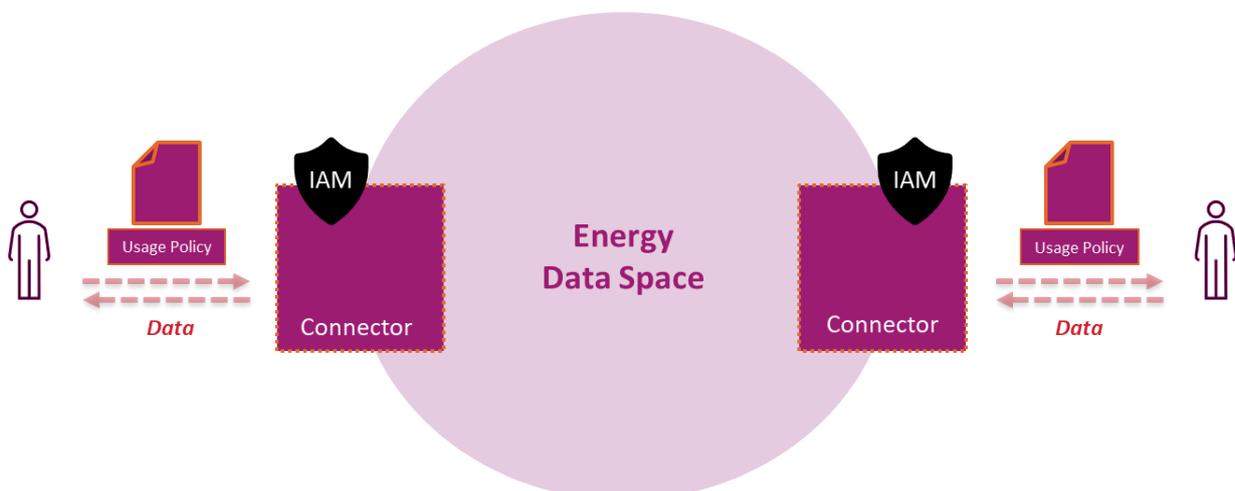


Abbildung 1: Grundlegende Architektur des Datenraums nach den Standards der IDSA (eigene Darstellung der dena in Anlehnung an International Data Spaces e.V. (2023))

International Data Spaces Association (IDSA)

Für die technologische Umsetzung verfolgt die IDSA das Ziel, einen globalen Standard für internationale Datenräume und ihre Schnittstellen zu etablieren. Dafür wurde im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Forschungsprojekts ein Referenzarchitekturmodell als Grundlage entwickelt. Es beinhaltet eine technologieunabhängige Architekturbeschreibung für eine Datenraum-Software-Architektur, die einen souveränen Datenaustausch und eine souveräne Datennutzung zwischen Akteuren unterstützt (Steinbuss 2019). Zudem strebt die IDSA die Förderung der verbundenen Technologien und Geschäftsmodelle an, die eine branchenübergreifende Datenwirtschaft ermöglichen. Die gemeinnützige IDSA arbeitet in verschiedenen Forschungsprojekten an der IDS-Architektur und entwickelt Prototypen, Anwendungsfälle und Konzepte weiter (Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST 2022).

- **Intermediäre:** Intermediäre wie Broker, Clearing House und Identity Provider fungieren als vertrauenswürdige Instanzen, die die Konnektivität eines Datenraums sicherstellen. Broker haben die Rolle einer vermittelnden Instanz zwischen Data Providern und Data Consumern. Broker erhalten und stellen Metadaten über Data Provider zur Verfügung. Metadaten sind strukturierte Informationen zur Beschreibung, Erklärung und Lokalisierung der Informationsquelle, die zur Suche nach Ressourcen in verschiedenen Datenquellen dienen. Das Clearing House erbringt Clearing- und Abrechnungsdienstleistungen für alle Datentransaktionen und protokolliert sämtliche Aktivitäten bei einem Datenaustausch. Um unbefugte Zugriffe zu vermeiden und eine sichere Nutzung des Datenraums zu ermöglichen, stellen Identity Provider den Konnektoren Identitätsinformationen über die Akteure eines Energiedatenraums bereit. Diese Funktionen könnten in der Zukunft beispielsweise durch etablierte und regulierte Rollen wie die Netzbetreiber oder Energieversorgungsunternehmen übernommen werden, gegebenenfalls sind auch neue Rollen bzw. Marktakteure zu diskutieren, für die dann entsprechende Governance-Modelle zu entwickeln sind.
- **Software- und Service-Anbieter:** In dieser Kategorie agieren IT-Unternehmen als ergänzende Software- oder Service-Anbieter für die Akteure eines Datenraums. Dabei liefern Software-Anbieter Software zur Implementierung der notwendigen Funktionalitäten und Anwendungen, wohingegen Service-Anbieter die benötigte technische Infrastruktur bereitstellen.
- **Aufsichtsorgan:** Der sogenannte Governance Body evaluiert und zertifiziert die Akteure und technischen Komponenten eines Datenraums. Als zusätzliches Aufsichtsorgan kann zum Beispiel die IDSA die Weiterentwicklung der Referenzarchitektur unterstützen.

Neben der generellen Ausgestaltung einer Datenraumarchitektur wird bei der Umsetzung eines Datenraums regelmäßig zwischen drei verschiedenen Entwicklungsstufen differenziert (Otto 2022). Dabei definiert die Entwicklungsstufe, welche Datennutzungspotenziale sich für Akteure eröffnen. Nach der Definition von Otto (2022) besteht das geschlossene Datenökosystem aus einer begrenzten Anzahl an Akteuren, wie beispielsweise ein Wertschöpfungsnetz eines Großkonzerns. Sofern sich die Akteure des Datenökosystems verändern können, liegt ein offenes Datenökosystem vor. Darin nehmen die Komplexität des Vertrauens zwischen den Mitgliedern und die Interoperabilität zu, wie beispielsweise in einem vollständigen Wertschöpfungsprozess. Die dritte Stufe ist ein Bund von Datenökosystemen, wobei eine gemeinsame Datennutzung über die Ökosystemgrenzen hinweg erfolgt. In diesem Fall sind die Akteure Teil mehrerer Datenökosysteme. Mit zunehmender Entwicklungsstufe steigt die Komplexität der Umsetzung des Datenraums. Aufgrund der Komplexität ist ein einheitliches Beschreibungsschema notwendig, um die Interoperabilität sicherstellen zu können. Zudem dienen spezifische Datennutzungsvereinbarungen der Datensouveränität und digitale Identitäten der Authentifizierung der Akteure über Systemgrenzen hinweg. Die konkrete Ausgestaltung eines Datenraums hängt dabei vom Nutzungszweck und den spezifischen (gesetzlichen) Rahmenbedingungen ab.

Die heutige Förderlandschaft für Datenräume profitiert von der europäischen Datenstrategie, europäische Datenräume und -ökosysteme zu entwickeln (Europäische Kommission 2022a, 2020) sowie dem expliziten Ziel in der Digitalstrategie der Bundesregierung, neue Datenräume zu schaffen und besser zu vernetzen (Bundesministerium für Digitales und Verkehr 2022). Um dieses Ziel zu erreichen, wurden bereits diverse Förderprogramme, Initiativen und Projekte umgesetzt bzw. angestoßen.

In Bezug auf die Entwicklung von Energiedatenräumen gibt es bereits verschiedene Projektansätze: Auf europäischer Ebene entwickelt das Projekt Gaia-X seit dem Jahr 2019 eine Architektur für eine föderierte Dateninfrastruktur (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz 2023a). Dabei werden neben dem Datenaustausch und der gemeinsamen Datennutzung auch die vertrauenswürdige Datenspeicherung und wertschöpfende Verwendung auf Cloud-Plattformen untersucht (Otto 2022; Berkhout et al. 2022). Im deutschen Gaia-X Hub¹ sammeln, analysieren und bewerten die Mitglieder diverse Anwendungsfälle, zu denen auch die Domäne Energie zählt (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz 2023a), in der ein digitales Energiesystem aufgebaut werden soll (Berkhout et al. 2022). In diesem Kontext plant derzeit ein Konsortium aus 15 Partnern, bestehend aus Netzbetreibern und Anwendern sowie Forschung, Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) und Normierung, im Rahmen des Projektvorhabens edX (energy data-X) Anwendungsfälle aus der Energiewirtschaft in einem Energiedatenraum umzusetzen. Ziel von edX ist der Aufbau eines Energiedatenraums in Gaia-X als Basis für einen souveränen

1 Die Expertise des deutschen Gaia-X Hubs wurde durch Prof. Dr. Michael Laskowski als Leiter der Domäne Energie bei Gaia-X durch das Unternehmen innogence business consulting als Projektpartner im Projekt dena-ENDA vertreten (siehe Projektkonsortium).

Datenaustausch für akteursübergreifende digitale Geschäftsmodelle und Innovationen. Anhand von zwei exemplarischen Anwendungsfällen (Bilanzkreisbewirtschaftungsgüte und Automated Crowd Flexibilities) soll die Evaluierung eines Prototyps des Energiedatenraums erfolgen. Des Weiteren zielt das im Mai 2022 gestartete und von der EU finanzierte Projekt OMEGA-X darauf ab, auf der Grundlage gemeinsamer europäischer Normen einen Energiedatenraum zu schaffen. Dieser wird eine föderierte Infrastruktur sowie einen Daten- und einen Dienstleistungsmarktplatz umfassen, die die gemeinsame Nutzung von Daten durch verschiedene Interessengruppen ermöglichen sollen. Dabei soll der Wert für konkrete Anwendungsfälle im Energiebereich demonstriert werden, während gleichzeitig die Skalierbarkeit und Interoperabilität mit anderen Datenrauminitiativen gewährleistet werden sollen (Europäische Kommission 2022b). Das Projekt SYNERGIES, das im September 2022 gestartet ist und durch die Europäische Kommission gefördert wird, stellt daneben eine Referenzimplementierung für einen Energiedatenraum vor, die an drei groß angelegten Demonstrationsstandorten in Griechenland, Spanien und Dänemark umfassend evaluiert und getestet wird. Dabei werden ganzheitliche Wertschöpfungsketten, verschiedene Datenquellen, heterogene Energiesysteme und unterschiedliche sozioökonomische Merkmale einbezogen (OMEGA-X 2022). Zudem fördert die Europäische Union durch die Programme Connecting Europe Facility 2 und Horizon 2020 Investitionen in Infrastrukturen der digitalen Konnektivität (Bundesministerium für Digitales und Verkehr 2023) sowie in die Entwicklung europäischer Datenräume (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2022a).

Neben den verschiedenen Projektinitiativen werden auch regulatorische Maßnahmen angestoßen, die eine geeignete Umgebung zur Entwicklung von Datenräumen schaffen sollen. Mithilfe des europäischen Daten-Governance-Gesetzes (Data Governance Act) als europaweite Rechtsgrundlage strebt die Europäische Kommission unter anderem ein stärkeres Vertrauen in den Datenaustausch an. Dabei sollen Mechanismen zur Datenverfügbarkeit etabliert und die Herausforderungen zur Weiterverwendung von Daten reduziert werden (European Commission 2022c). Basierend auf den durch das Daten-Governance-Gesetz geschaffenen Prozessen und Strukturen zur Förderung der gemeinsamen Datennutzung durch Unternehmen, Individuen und den öffentlichen Sektor, stellte die Europäische Kommission im Rahmen ihrer Datenstrategie im Jahr 2022 das Datengesetz (Data Act) vor (European Commission 2022b). Dieses Gesetz soll einen fairen Zugang zu und die Nutzung von Daten ermöglichen (European Commission 2022a) sowie die Bedingungen und Berechtigungen definieren, unter denen ein Mehrwert aus Daten generiert werden darf (European Commission 2022a). Im November 2023 wurde der Data Act durch den Europäischen Rat final verabschiedet.

Sowohl die Initiativen und Programme als auch die regulatorischen Maßnahmen verfolgen das Ziel, die Entwicklung von Datenräumen auf nationaler und internationaler Ebene voranzutreiben. Vor dem Hintergrund dieser Initiativen und Programme stiftet das Pilotprojekt dena-ENDA den Mehrwert, einen

Energiedatenraum für den deutschen Energiesektor zu entwickeln sowie konkrete Schritte und Handlungsempfehlungen für dessen Weiterentwicklung bzw. Skalierung aufzuzeigen. Die vorliegende wissenschaftliche Begleitstudie fasst zum einen die Hintergründe und Ergebnisse der Umsetzung von dena-ENDA zusammen. Zum anderen ordnet die Studie die Bedeutung von Datenräumen für ein dekarbonisiertes Energiesystem ein und zeigt durch die Ausführung verschiedener Handlungsempfehlungen mögliche Weiterentwicklungen eines solchen Datenraums und Anknüpfungspunkte zu anderen Initiativen auf.

1.3 Anwendungsfall Redispatch – Wie kann ein verbesserter Datenaustausch Flexibilitätspotenziale heben?

Durch den zunehmenden Einsatz von erneuerbaren Energien steigt die Anzahl von dezentralen Erzeugungseinheiten erheblich an. Auch dezentrale Flexibilitäten wie Batteriespeicher oder steuerbare Verbrauchseinheiten werden zunehmend ins Netz integriert. Dabei nehmen auch immer mehr Prosumer, also Akteure bzw. Anlagen, die sowohl als Erzeugungs- wie auch als Verbrauchseinheit fungieren, am Energiesystem teil. Dies führt zum einen dazu, dass immer mehr Anlagen digital gemessen und bei Bedarf durch Netzeingriffe gesteuert werden müssen. Zum anderen nimmt durch die steigende Anzahl an Anlagen im Netz das sogenannte Flexibilitätspotenzial zu (Agora Energiewende 2017; Buhl et al. 2021). Die Elektrifizierung des Mobilitätssektors hat beispielsweise zwischen den Jahren 2022 und 2023 in Deutschland zu mehr als einer Verdopplung des Bestands an Elektrofahrzeugen auf über 1 Million Fahrzeuge zum Stichtag 1. Januar 2023 geführt. Die Anzahl der Elektrofahrzeuge ist damit ein Beispiel für weiter zunehmende zusätzliche Einheiten, die als Teil des Energiesystems entsprechend gesteuert werden könnten (Kraftfahrt-Bundesamt 2023). Für 2030 wurde laut einer Studie aus dem Jahr 2022, die im Auftrag des BMWK (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz) erstellt wurde, insgesamt ein Flexibilitätspotenzial von 4,21 GW durch Elektrofahrzeuge ermittelt (Munzel et al. 2022). Die Netzbetreiber arbeiten heute schon an Lösungen, mit denen dieses Flexibilitätspotenzial genutzt werden kann, um die Netzstabilität und damit das Gleichgewicht von Angebot und Nachfrage auch zukünftig sicherzustellen (Blumberg et al. 2022). Diese beispielhaft dargestellten Entwicklungen zeigen, dass immer mehr Akteure am Energiesystem nicht nur teilnehmen, sondern aktiv vernetzt werden müssen, um die Transformation des Energiesystems zu ermöglichen. Um den Mehrwert einer höheren Datenverfügbarkeit und eines verbesserten Datenaustauschs in der Energiewirtschaft zu verdeutlichen, wird im Folgenden der Anwendungsfall Redispatch näher beschrieben.

Die Einsatzplanung von Kraftwerken durch die Kraftwerksbetreiber wird als Dispatch bezeichnet. Im Falle von Netzengpässen, die mithilfe einer Lastflussberechnung auf Basis dieser Einsatzplanung von den Übertragungsnetzbetreibern identifiziert werden können, wird auf Redispatch-Mechanismen zurückgegriffen. Redispatch bezeichnet Anpassungen von Einspeisung und

Verbrauch in das Netz bzw. aus dem Netz, die zu einer Veränderung des Erzeugungs- bzw. Lastmusters führen. Dadurch können Netzengpässe vermieden werden, die aufgrund von begrenzten Übertragungsnetzkapazitäten im Stromsystem entstehen (BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. 2020a; Blumberg et al. 2022). Der Wandel auf Erzeugungs- und Verbrauchsseite im Zuge der Energiewende und der Elektrifizierung der Sektoren hat zur Folge, dass in Zukunft zusätzlich zu großen Energieanlagen auch Kleinstzeugungseinheiten und -verbrauchseinheiten (< 100 kW) für den Redispatch berücksichtigt werden sollen (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz 2022). Diese Weiterentwicklung wird häufig als Redispatch 3.0 bezeichnet. Es steht bereits heute fest, dass für eine praktikable Umsetzung des Redispatch 3.0 strukturelle Veränderungen im deutschen Energiesystem notwendig sind (Strüker et al. 2021b; Blumberg et al. 2022).

Im derzeitigen Redispatch-2.0-Regime werden Erneuerbare-Energien-Anlagen und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (je > 100 kW) sowie fernsteuerbare Lasten von mehr als 30 kW in den gesamtdeutschen Redispatch-Prozess integriert, um Netzengpässe aufzulösen. Um den Netzzustand und Netzengpässe zu prognostizieren, erhalten die Netzbetreiber heute die entsprechenden Planungsdaten von jeder zugehörigen Redispatch-fähigen Erzeugungs- bzw. Speicheranlage. Auf diese Weise können Redispatch-Potenziale und -Bedarfe identifiziert, koordiniert, geplant und abgewickelt werden. Dabei können die Netzbetreiber aktuell allerdings nur erzeugungsseitige Potenziale für den heutigen kostenbasierten Redispatch 2.0 nutzen. Kostenbasiert bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Netzbetreiber bei Abruf des Potenzials zu einem bilanziellen sowie finanziellen Ausgleich verpflichtet sind. Neben dem aktuell umgesetzten kostenbasierten Redispatch ist gerade auch für Kleinstflexibilitäten ein dezentraler marktbasierter Redispatch denkbar, bei dem die flexiblen Erzeugungs- und Verbrauchseinheiten und Speicher an lokalen Strommärkten teilnehmen können. Die Auswirkungen der Einführung dezentraler Märkte wurden im Pilotprojekt des Future Energy Lab „Optimierung von markt- und netzdienlicher Integration dezentraler Verbrauchs- und Erzeugungseinheiten“ mithilfe einer agentenbasierten Simulationsumgebung analysiert und in der Studie „Das dezentralisierte Energiesystem im Jahr 2030“ veröffentlicht (Deutsche Energie-Agentur (dena) 2023).

Für die Nutzung von lastseitigen Flexibilitäten wie für Elektrofahrzeuge oder Power-to-X-Anlagen gibt es aktuell keinen ganzheitlichen Ansatz. Im Ergebnis werden dezentrale, kleinere Verbrauchseinheiten (< 100 kW), wie beispielsweise Elektrofahrzeuge oder Photovoltaik-Dachanlagen, im Redispatch 2.0 in der Regel nicht eingebunden. Dies führt dazu, dass ökonomische Potenziale zur Kostenreduktion ungenutzt bleiben. Die Kosten für den Redispatch in Deutschland beliefen sich im Jahr 2020 bereits auf 637,4 Millionen Euro (Bundesnetzagentur 2020). Die Kosten entstehen dabei unter anderem durch das notwendige Anfahren von Kraftwerken, um einen Netzengpass zu vermeiden, oder auch durch eine Leistungsrosselung eines Kraftwerks,

durch die Entschädigungszahlungen an Kraftwerksbetreiber fällig werden (Bundesnetzagentur 2022a).

Zur Dekarbonisierung des Energiesystems und zur Reduzierung der Redispatch-Kosten ist es daher wichtig, dezentrale Kleinstflexibilitäten in Zukunft in das Stromsystem und den übergeordneten Redispatch-Prozess zu integrieren (Blumberg et al. 2022). Im Redispatch-3.0-Ansatz sollten daher zum einen kleinteilige dezentrale Flexibilitätspotenziale Berücksichtigung finden. Zum anderen sollten auch weitere Flexibilitätspotenziale mit einbezogen werden, die derzeit nicht im kostenbasierten Redispatch 2.0 erfasst werden oder für die die Kostenbasis schwer oder nur sehr aufwendig zu ermitteln ist. Mithilfe einer informationstechnischen Vernetzung dezentraler Anlagen könnten dann (neue) Flexibilitätsoptionen (Nachfrageflexibilität, Angebotsflexibilität, Sektorenkopplung und Energiespeichersysteme) effizient erschlossen werden. Nach Blumberg et al. (2022) ist die Weiterentwicklung zum Redispatch 3.0 mit der Integration vieler Millionen dezentraler Kleinstflexibilitäten allerdings aktuell mit einem außerordentlich hohen Aufwand und ebenso enormen Transaktionskosten verbunden. Zudem ist die Nutzung der Flexibilitätspotenziale aufgrund derzeitig fehlender (auch digitaler) Infrastruktur noch nicht umsetzbar. Darüber hinaus erfordert die Vielfalt der zu integrierenden Kleinstflexibilitäten einen automatisierten und vertrauenswürdigen Datenaustausch, um neben einer effizienten und feingranularen Steuerung bzw. Netzführung auch die Kommunikation und Abrechnung zu ermöglichen. Daher sind die Entwicklung und Erprobung von digitalen Technologien und Ansätzen wie Datenräumen und digitalen Identitäten von zentraler Bedeutung, um die Teilnahme von dezentralen Anlagen zu automatisieren, Transaktionskosten zu senken und eine breite Integration von Flexibilitätsoptionen zu ermöglichen.

Flexibilität

Zukünftige Elektrizitätssysteme erfordern sowohl auf der Nachfrageseite Flexibilität, um den Stromverbrauch dynamisch an die Verfügbarkeit von Strom aus erneuerbaren Energiequellen anzupassen, als auch auf der Angebotsseite, um die Stromerzeugung mit der Netzlast abzustimmen. Der Flexibilitätsbedarf kann durch die vier Flexibilitätsoptionen Nachfrageflexibilität, Angebotsflexibilität, Sektorenkopplung und Energiespeichersysteme gedeckt werden (Buhl et al. 2021).

Eine umfassende Datenbasis ist essenziell für ein effizientes Management des Energiesystems sowie für den Ausbau der Kommunikation und der Zusammenarbeit der stetig wachsenden Anzahl von Anlagen im Energiesystem. Nur so kann weiteres Flexibilitätspotenzial zukünftig genutzt werden. Zur Erweiterung der Datenbasis ist zunächst eine umfassende Digitalisierung des Energiesektors erforderlich, um die Datenverfügbarkeit auf- und auszubauen. Hier trägt die entstehende Smart-Meter-Gateway-Infrastruktur zur sicheren Kommunikation mit allen potenziell

steuerbaren Anlagen bei. Für eine Integration und kollaborative sowie nachhaltige Nutzung der Daten müssen allerdings neben der Verfügbarkeit auch die Aufbereitung und der Austausch der Daten durch die Kollaboration zwischen den verschiedenen Anlagen, Netzbetreibern und weiteren Marktakteuren deutlich verbessert werden.

1.4 Welchen Beitrag liefert das Projekt dena-ENDA?

Im Energiesektor besteht die dringende Notwendigkeit, Dekarbonisierungsmaßnahmen mit erhöhter Geschwindigkeit umzusetzen. Ein sektorübergreifender Datenaustausch zwischen entsprechenden Anlagen und Akteuren im Energiesystem ermöglicht zum Beispiel die Nutzung von Kleinstflexibilitäten und gilt deshalb als ein Baustein zur Beschleunigung entsprechender Maßnahmen. Das Ziel des Projekts dena-ENDA, nämlich die Pilotierung eines Energiedatenraums, stellt einen vielversprechenden Schritt dar, um notwendige Strukturen für einen effizienten und sicheren Datenaustausch zu erproben.

Zwar wurden und werden durch die verschiedenen nationalen und internationalen Projekte und Initiativen bereits elementare Meilensteine zur Umsetzung von Datenräumen erreicht, der Aufbau eines Energiedatenraums für den deutschen Energiesektor wurde allerdings noch nicht näher erarbeitet. Um mit dem Pilotprojekt dena-ENDA möglichst schnell erste Resultate zu erzielen, agil und schnell aus den Projekterfahrungen für weitere Projekte zu lernen und die bestehenden Initiativen und Projekte mit weiteren Erkenntnissen zu ergänzen, wurde dena-ENDA als Kurzzeitprojekt mit „Schnellboot-Charakter“ aufgesetzt. Das Future Energy Lab der dena hat dafür folgende Projektziele definiert:

- **Identifikation von Potenzialen:** Vor dem Hintergrund der steigenden Anzahl von Anlagen und Akteuren im Zuge der Transformation des Energiesystems ist ein Ziel des Pilotprojekts dena-ENDA, die Potenziale einer verbesserten Datenverfügbarkeit über die gesamte Energiewertschöpfungskette hinweg durch die Umsetzung eines Energiedatenraums aufzuzeigen.
- **Konzept für Datenkollaboration:** Mit Blick auf eine effiziente und nachhaltige Sektorenkopplung ist ein weiteres Ziel des Pilotprojekts dena-ENDA, ein Konzept zu erarbeiten, mit dem eine sektorübergreifende Datenweitergabe auf kundenorientierte, sichere und vertrauenswürdige Weise gefördert werden kann.
- **Kompatibilität zu verwandten bzw. vorausgegangenen Projekten:** Um die Anschlussfähigkeit an weitere existierende Projekte und Initiativen innerhalb und außerhalb des Energiesektors sicherzustellen, strebt das Pilotprojekt dena-ENDA einen IDSA- und Gaia-X-kompatiblen Datenraum an.

Um diese Ziele zu erreichen, hat das Projektteam (siehe Projektkonsortium, Seite 44) unter Einbindung von Expertinnen und Experten Anwendungsfälle für einen Energiedatenraum präsentiert und daraus einen Show Case zur Umsetzung eines Energiedatenraums abgeleitet. Der Show Case stellt im Projekt den Anwendungsfall dar, der durch dena-ENDA detailliert betrachtet und ausgearbeitet wurde. Die Darstellung der verschiedenen Anwendungsfälle (in Kapitel 2 als Use Cases bezeichnet) veranschaulicht den Bedarf, einen Energiedatenraum aufzubauen, und soll somit als Grundlage für die Weiterentwicklung eines Energiedatenraums über dieses Projekt hinaus dienen. Als Show Case wurde dabei im Laufe des Projekts Redis-X auf Basis des Use Case Redispatch 3.0 festgelegt (für den Auswahlprozess siehe Kapitel 2).

Basierend auf den im Laufe des Projekts definierten Anforderungen hat das Projektteam eine Referenzarchitektur für einen deutschen Energiedatenraum für den konkreten Show Case Redis-X erstellt. Zur Sicherstellung der Anschlussfähigkeit in Wirtschaft und Wissenschaft wurde zum Projektstart ein Kreis aus Expertinnen und Experten aufgebaut (siehe Kreis an Expertinnen und Experten, Seite 46). Durch ihre projektbegleitende Einbindung konnten – im Sinne eines gezielten Netzwerk- und Dialogmanagements – die Anforderungen unterschiedlicher Akteure eines Energiedatenraums von Beginn an mit betrachtet und dabei wichtige Erkenntnisse für die Referenzarchitektur aus Sicht potenzieller Akteure eines Energiedatenraums direkt berücksichtigt werden. Denn insbesondere im Energiesektor spielen Multi-Stakeholder-Kollaborationen im digitalen Raum eine essenzielle Rolle, um den komplexen Herausforderungen in der Energieversorgung erfolgreich zu begegnen. Durch die Definition und Ausarbeitung der Anforderungen eines ausgewählten Show Case konnten darüber hinaus technische Fragestellungen frühzeitig geklärt und durch den Aufbau der Referenzarchitektur konnte die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Akteuren demonstriert werden. Neben den inhaltlichen Erkenntnissen, die durch die Einbindung der Expertinnen und Experten gewonnen werden konnten, hat der Austausch gezeigt, dass das Interesse am Aufbau eines Energiedatenraums bei den potenziellen Akteuren sehr groß ist. Allerdings wurde auch deutlich, dass viele der potenziellen Akteure derzeit sowohl inhaltlich als auch organisatorisch noch weit von einer konkreten Umsetzung eines Energiedatenraums und der Beteiligung daran entfernt sind. Diese Erkenntnis ist relevant für die weitere Ausarbeitung von Energiedatenräumen und hat Einfluss auf die Handlungsempfehlungen, die im Projektverlauf für den weiteren Aufbau von Energiedatenräumen identifiziert werden konnten. Das durchgeführte Projekt stellt einen wichtigen Meilenstein dar und legt den Grundstein dafür, dass zukünftige Dekarbonisierungsmaßnahmen durch den Aufbau eines Energiedatenraums ermöglicht werden. Die detaillierten Inhalte, die Umsetzung sowie die gewonnenen Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen werden im Folgenden ausführlich beschrieben.

2. Auswahl eines Show Case für einen deutschen Energie- datenraum

2.1 Welche Anwendungsfälle profitieren von einem Energiedatenraum?

Mithilfe von Datenräumen wird der Datenaustausch im Energiesektor in unterschiedlicher Art und Weise verbessert und intensiviert. Bislang nicht geteilte Daten diverser Akteure im Energiesystem können datensouverän und sicher nach eindeutig definierten Richtlinien ökonomisch effizient bereitgestellt und weiterverarbeitet werden. Entsprechend vielfältig sind die Anwendungsfälle, für die ein Energiedatenraum einen (zusätzlichen) Nutzen schaffen kann. Ausgangspunkt ist dabei stets die schnell steigende Anzahl von dezentralen Anlagen wie beispielsweise Elektroautos, Batteriespeichern, Wärmepumpen und Photovoltaik-Anlagen, die für die Transformation des Energiesystems in dieses zu integrieren sind. Um jedoch als Prosumer zu agieren, das heißt vom Stromnachfrager aktiv zusätzlich zum Stromanbieter zu werden, müssen Anlagen und Akteure ihre Marktrollen dynamisch wechseln. Ein Energiedatenraum verspricht hierbei unter anderem, die Kommunikation zwischen einzelnen Rollen des Energiesystems zu intensivieren und die notwendigen Wechselprozesse damit zu beschleunigen. Zudem kann das Monitoring ausgeweitet und die Transparenz im Verteilnetz durch einen verbesserten Nutzerdatenaustausch erhöht werden. Die Einbindung und Berücksichtigung kleiner und großer Verbrauchs- und Erzeugungseinheiten versprechen somit insgesamt, die Sektorkopplung beispielsweise auch im Quartierskontext mittels Datenräumen zu beschleunigen (Fraunhofer IOSB-AST et al. 2023). Gleichzeitig vermag die digitale Einbindung möglichst vieler Verbrauchs- und Erzeugungseinheiten auch neue Dienstleistungen wie überprüfbare und durchgängige Nachweise von regionaler und grüner Energie zu generieren, sodass durchgängige Zertifizierungsprozesse entlang gesamter Wertschöpfungsketten (vgl. Greenhouse Gas (GHG) Protocol und Scope 3) etabliert werden können.

„Die nächste Phase der Energiewende hat begonnen: Neben den Ausbau der erneuerbaren Energien tritt nun die System- und Marktintegration der exponentiell wachsenden verteilten Energieressourcen. Konkret werden unter anderem für Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge dynamische Stromtarife, dynamische Netzentgelte und auch Redispatch-3.0-Prozesse erforderlich. Datenräume versprechen den hierfür notwendigen Austausch von Verbrauchsdaten datensouverän und skalierbar zu organisieren.“

Prof. Dr. Jens Strüker,
Universität Bayreuth & Fraunhofer FIT

Auf europäischer Ebene gibt es entsprechend geförderte Projekte und Initiativen, die Datenräume für Energie untersuchen: (1) Enershare ist ein von der EU gefördertes Projekt von Horizon Europe im Bereich Datenräume für Energie, das einen auf Blockchain und Smart Contracts basierenden Marktplatz aufbaut, um das gegenseitige Vertrauen zwischen den Akteuren zu verbessern und die Sicherheit der gemeinsam genutzten Daten zu erhöhen (Enershare 2023). (2) int:net ist ebenfalls ein Projekt der Horizon Europe, das zum Ziel hat, die verschiedenen Sektoren, die den Energiesektor beeinflussen, zu koordinieren und zu verbinden, um energiebezogene Prozesse und Produkte aufeinander abzustimmen und Interoperabilität zwischen den Sektoren zu schaffen (Interoperability Network for the Energy Transition (int:net) 2023). (3) Linking Green Data Spaces (LiGDS) ist ein von der Data Intelligence Offensive (DIO) durchgeführtes Projekt, das sozio-ökologisch nachhaltige Use Cases für die Domänen Energiewende, Mobilitätswende, Kreislaufwirtschaft und Digitaler Klimazwilling in einem Daten-Service-Ökosystem umsetzt und entwickelt (Green Data Hub 2023).

Aufgrund der Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten hat das dena-ENDA-Projektteam vier der bereits im Rahmen der Gaia-X-Initiative erarbeiteten Anwendungsfälle als Grundlage herangezogen, um einen Anwendungsfall abzuleiten, der im Projekt weiter betrachtet wird. Die vier Anwendungsfälle, im Projekt als Use Cases bezeichnet, wurden anschließend mit Expertinnen und Experten geteilt und bewertet: Im Rahmen einer schriftlichen Stellungnahme wurde ihnen die Möglichkeit gegeben, Feedback zu den ausgewählten Use Cases zu geben und weitere Use Cases vorzuschlagen. Die Stellungnahme diente gleichzeitig der Vorstellung des Projekts dena-ENDA und der Einladung in den Expertenkreis für den weiteren Projektverlauf. Auf diese Weise konnten die vielfältigen Perspektiven unterschiedlicher Akteure eines Energiedatenraums direkt in die Auswahl der Use Cases einfließen und Expertinnen und Experten für den weiteren Projektverlauf gewonnen werden (siehe Kreis an Expertinnen und Experten).

Die Einbindung von Expertinnen und Experten in den Auswahlprozess und die Bewertung der Use Cases in Form eines Online-Formulars anhand einer Skala von 1 bis 5 (1 = „geringe Eignung“ / 5 = „hohe Eignung“) ergab für alle vier vorgeschlagenen Use Cases einen durchschnittlichen Nutzwert von über 3,5. Die folgenden vier Use Cases wurden daher als relevant für den Energiesektor eingestuft und im Rahmen des Projekts weiterbearbeitet und bewertet:

1. **Use Case (1): Austausch kritischer Infrastrukturdaten mithilfe eines Datenraums zur Nutzung für neue Geschäftsmodelle**
2. **Use Case (2): Green Energy Certification (Gaia-X Generyc), um einen dezentralen, sektorübergreifenden Zertifizierungsprozess für grünen Wasserstoff über die gesamte Wertschöpfung hinweg aufzusetzen**
3. **Use Case (3): Aufbau einer Kollaborationsplattform bei Krisenlagen, das heißt im Krisenfall, um die Vernetzung von Betreibern kritischer Infrastrukturen zu fördern**
4. **Use Case (4): Umsetzung von Redispatch 3.0, um das Flexibilitätspotenzial von Kleinsterzeugungs- und -verbrauchseinheiten bei Netzengpässen zu nutzen**

Um im nächsten Schritt zu ermitteln, welcher der Use Cases als ausgewählter Show Case für das Projekt dena-ENDA zum Aufbau einer Referenzarchitektur für einen deutschen Energiedatenraum prototypisch umgesetzt wird, wurde eine Nutzwertanalyse mit den folgenden sechs Kategorien im Projektteam durchgeführt und analog zur Befragung durch die Expertinnen und Experten auf einer Skala von 1 bis 5 (1 = „geringe Eignung“ / 5 = „hohe Eignung“) bewertet:

- Aufzeigen der Umsetzbarkeit eines Energiedatenraums
- Machbarkeit im vorgegebenen Zeit- und Kostenrahmen
- Beschreibung eines akuten und aktuellen Problems
- Anschlussfähigkeit an den Energiesektor und Skalierbarkeit
- Systemrelevanz und Zukunftsfähigkeit
- Anschlussfähigkeit an die bereits existierenden Use Cases innerhalb des deutschen Gaia-X Hubs

Für alle vier Use Cases gilt, dass die auszutauschenden Daten besonders schützenswert sind, da die Energieversorgung und damit das Energiesystem eine besondere Bedeutung für das Funktionieren des Gemeinwesens haben. Aus diesem Grund zählen Einrichtungen und Anlagen für die Energieversorgung zu den **KRITischen InfraStrukturen** (KRITIS) und unterliegen strengen Gesetzen und Vorschriften. Diese Gesetze und Vorschriften dienen dazu, möglichen Störungen und Angriffen vorzubeugen, um die Widerstandsfähigkeit der kritischen Infrastrukturen zu erhöhen und die Funktionsfähigkeit der Energieversorgung zu gewährleisten. Da ein Störfall in der Energieversorgung auch andere Bereiche mit kritischer Infrastruktur (wie beispielsweise die Bereiche Informations- und Telekommunikationstechnologie

oder Transport und Verkehr) betreffen würde, wird die Energieversorgung auch als Schlüsselindustrie bezeichnet (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2022b). Damit unterliegen auch die meisten Datensätze, die in Bezug auf die Energieversorgung generiert werden, der sogenannten KRITIS-Verordnung. Durch die KRITIS-Verordnung wird in Verbindung mit dem IT-Sicherheitsgesetz festgelegt, welche Sicherheitsanforderungen in Bezug auf Daten aus kritischen Infrastrukturen erfüllt werden müssen und welche Informationspflicht bei IT-Sicherheitsvorfällen besteht (Rudel und Lechner 2018). Die Anforderungen an einen Datenraum (Vertrauen, Datensouveränität, Datensicherheit sowie standardisierte Interoperabilität (Steinbuss 2019, siehe Kapitel 1.2) tragen dazu bei, die Gesetze und Vorschriften in Bezug auf Daten aus kritischen Infrastrukturen einhalten zu können.

Use Case (1) zielt darauf ab, Datensätze kritischer Infrastrukturen mithilfe eines Datenraums auszutauschen, um sie für neue Geschäftsmodelle und Innovationen zu nutzen bzw. technologisch nutzbar zu machen (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz 2023b). Der Fokus dieses Use Case liegt auf dem Schutz der Nutzung von Daten aus kritischen Infrastrukturen, um deren Missbrauch zu verhindern. Eine Möglichkeit der Umsetzung ist der Aufbau einer einheitlichen technologischen Basis, über die ein Identitäts- und Zugriffsmanagement sowie die Möglichkeit der Zertifizierung und Einhaltung von Sicherheitsstufen abgebildet werden kann. Dieser Use Case setzt daher beim Aufbau eines entsprechenden TRUST-Verfahrens an, um diese Anforderungen auf Grundlage der vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) aufgestellten KRITIS-Verordnung umsetzen zu können.

Der Use Case wurde von den Expertinnen und Experten zwar als systemrelevant und zukunftsfähig eingeordnet, allerdings liegt der Fokus für diesen Use Case nicht nur auf dem Energiesektor, sondern bezieht übergreifend die Nutzung von Daten aus weiteren kritischen Infrastrukturen mit ein. Dabei gibt es mehrere Herausforderungen:

- **Datenerhebung und -bereitstellung:** Die häufig dezentral erfassten Daten können Rückschlüsse auf einzelne Personen zulassen. Im Energiekontext sind das beispielsweise Daten zu haushaltsgenauen Stromverbräuchen oder zu Ladeprofilen von Elektrofahrzeugen. Bei der Erhebung dieser Daten ist zu beachten, dass die Privatsphäre der betroffenen Individuen nicht verletzt wird und die nationalen und internationalen Datenschutzbestimmungen eingehalten werden. Dies gilt insbesondere auch für die Zusammenführung unterschiedlicher Datensätze. Es ist daher sicherzustellen, dass auch in einer digitalisierten Welt die selbstbestimmte Kontrolle der Dateninhaberinnen und -inhaber über ihre eigenen Daten gewährleistet ist.

- Manipulations- und fehlerfreie Datenerfassung, um die Korrektheit und Integrität der Daten sicherstellen zu können: Fehlerhafte Daten können sowohl durch Datenmanipulation als auch durch ungenaue oder falsch installierte Sensoren entstehen. Im Projekt „Digitale Maschinen-Identitäten als Grundbaustein für ein automatisiertes Energiesystem (BMIL)“ des Future Energy Lab der dena wurden diese und verwandte Herausforderungen bereits untersucht (Deutsche Energie-Agentur (dena) 2022b).

Nach den Einschätzungen der Expertinnen und Experten sowie des Projektteams wurde auf Basis der Nutzwertanalyse entschieden, dass dieser Use Case nicht vollumfänglich geeignet ist, um eine Referenzarchitektur für einen deutschen Energiedatenraum prototypisch umzusetzen: Der Fokus des Use Case liegt auf dem Aufbau eines geeigneten Identitäts- und Zugriffsmanagements sowie der Ableitung relevanter Geschäftsmodelle und es könnten dabei nur wenige Teile der IDSA-Referenzarchitektur genutzt werden. Daher wurde dieser Use Case zwar als betriebswirtschaftlich wichtig und interessant, aber als nicht geeignet für die im Projekt definierten Ziele eingestuft.

Use Case (2) verfolgt das Ziel, einen dezentralen, sektorübergreifenden Zertifizierungsprozess für grünen Wasserstoff entlang der gesamten Wertschöpfungskette auf Basis dezentraler Technologien aufzusetzen (Green Energy Certification (Gaia-X Generc)) (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz 2023c). Dieser Use Case ist besonders aktuell und elementar, da im Zuge der Energiewende die Nachfrage nach verifizierbaren Emissionsnachweisen verschiedener Energieträger stetig steigt. Denn viele energieintensive Unternehmen benötigen zukünftig grünen Strom oder grünen Wasserstoff, um ihre Güter oder Produkte CO₂-neutral herzustellen. Sowohl regulatorische Entwicklungen als auch Anforderungen von der Markt- bzw. Kundenseite deuten dabei darauf hin, dass hier zukünftig die lückenlose Nachweisführung des CO₂-Gehalts entscheidend sein wird. Da eine Vielzahl von Daten unterschiedlicher Akteure entlang der Wertschöpfungskette benötigt werden, um ein fälschungssicheres Zertifikat ausstellen zu können, ist der Aufbau eines durchgängigen Zertifizierungsprozesses notwendig (Strüker et al. 2021a). Durch die Ausstellung dieser neu zu entwickelnden Zertifikate könnte der energetische Weg eines Produkts von jedem Stakeholder gegenüber möglichen Weiterverarbeitern zweifelsfrei nachgewiesen werden. Ein solches Zertifizierungsverfahren würde es auch ermöglichen, den Einfluss der Wasserstoffherstellung auf das elektrische Verteilnetz hinsichtlich netzdienlicher Aspekte zu untersuchen. Die technische Basis für die Umsetzung könnten dezentrale digitale Infrastrukturen bieten. Mithilfe der Distributed Ledger Technology (DLT) könnte beispielsweise eine neutrale Plattform geschaffen werden, auf der Zertifizierungsprozesse automatisiert, transparent und nicht manipulierbar umgesetzt werden. Durch eine Kombination mit Zero-Knowledge-Proofs könnten zudem sensible Informationen geschützt und es könnte somit die Einhaltung von Datenschutzrichtlinien gewährleistet werden (Babel et al. 2023). Ein Energiedatenraum könnte die CO₂-Nachweisführung entscheidend voranbringen,

indem die Zusammenarbeit und der Austausch von CO₂-bezogenen Daten zwischen Akteuren gestärkt werden. Denn durch die für Datenräume definierten Standards (siehe Kapitel 1.1) können datenschutzrechtliche Aspekte berücksichtigt werden, indem durch unterschiedliche Berechtigungen festgelegt wird, welche spezifischen Informationen zur Nachweisführung geteilt werden müssen und welche nicht.

Da der Nachweis des CO₂-Fußabdrucks in den nächsten Jahren viele unternehmerische Prozesse betreffen wird, wurde dieser Use Case im Projektteam gemeinsam mit den Expertinnen und Experten als in einem sehr hohen Maße systemrelevant und zukunftsfähig eingestuft. Auch die Anschlussfähigkeit an den Energiesektor und die Skalierbarkeit wurden als sehr hoch eingeschätzt, da eine Pilotlösung gut übernommen und auf andere Anwendungsfelder übertragen werden könnte. Hinsichtlich der Realisierbarkeit für dieses Projekt – einerseits im Hinblick auf den vorgegebenen Zeit- und Kostenrahmen und andererseits um eine Referenzarchitektur für einen deutschen Energiedatenraum prototypisch umzusetzen – ist das Projektteam gemeinsam mit den Expertinnen und Experten allerdings zu der Einschätzung gekommen, dass dieser Use Case eher ein mittel- bis langfristiges Vorhaben darstellt. Dies liegt insbesondere daran, dass zur Umsetzung dieses Use Case viele Stakeholder eingebunden werden müssten. Zudem sind zunächst viele inhaltliche und technische Voraussetzungen zu schaffen und zu erfüllen. Daher wurde dieser Use Case als nicht geeignet für dieses Projekt bewertet.

Nach der schriftlichen Stellungnahme im Kreis des Projektkonsortiums und der Expertinnen und Experten wurden die beiden folgenden Use Cases (Use Case (3): Aufbau einer Kollaborationsplattform bei Krisenlagen und Use Case (4): Umsetzung von Redispatch 3.0) in einem gemeinsamen Workshop weiter ausgearbeitet und für die Akquise möglicher Partner zur Datenbereitstellung verwendet.

Use Case (3) verfolgt das Ziel, eine Kollaborationsplattform bei Krisenlagen aufzubauen, um im Krisenfall über eine gemeinsame Plattform kommunizieren zu können. Nach derzeitigem Stand existieren auf der Ebene der Bundesländer Insellösungen für das Krisenmanagement, um zum Beispiel die Betreiber kritischer Infrastrukturen im Krisenfall zu vernetzen. Für weniger schwerwiegende Störungen gibt es ein solches integriertes System bisher noch nicht. Für Krisenlagen unterschiedlicher Art, beispielsweise bei einem großflächigen Stromausfall oder einer Hochwasserlage, wäre ein integriertes System jedoch hilfreich, um das Kaskadenpotenzial abschätzen und entsprechend eingreifen zu können. Ein Stromausfall beispielsweise betrifft auch andere kritische Infrastrukturen und Hochwasser kann wiederum zu Stromausfällen führen, was die Komplexität und das Ausmaß einer solchen Störung deutlich erhöht. Die derzeit existierenden proprietären Lösungen erschweren die Vernetzung, Weiterentwicklung und Sicherheitshärtung dieser Systeme. Ein Datenraum könnte dazu beitragen, den nötigen Informationsaustausch zwischen allen relevanten Akteuren zu ermöglichen. So könnte eine offene, IDS-konforme, idealerweise Open-Source-basierte

bundesweite (oder EU-weite) Kollaborationsplattform entstehen und ein digitales Lagebild, das heißt eine Übersichtskarte zur Lokalisierung wichtiger Ereignisse und Kaskaden, aufgebaut werden. Durch die Vernetzung von Data Providern und Data Consumern können Störungsinformationen direkt an alle Akteure kommuniziert werden, um eine fallbezogene Zusammenarbeit zu ermöglichen. Auch kann dieser Austausch von Informationen dazu beitragen, Erkenntnisse aus dem Krisenmanagement vergangener Krisenlagen zu nutzen und darauf aufbauend den Informationsfluss zu verbessern.

Da insbesondere bei einer Störung des Energiesystems mit erheblichen Kaskadeneffekten zu rechnen ist, beschreibt dieser Use Case nach der Einschätzung des Projektteams und der Expertinnen und Experten ein akutes und aktuelles Problem und wird als systemrelevant und zukunftsfähig eingeordnet. Aktuelle und vergangene Ereignisse, wie der Krieg in der Ukraine oder das Hochwasser im Ahrtal im Juli 2021, zeigen, welche internationalen, aber auch lokal begrenzten Krisenlagen zu Störungen in der Energieversorgung führen können. Die Relevanz des Use Case wird auch dadurch deutlich, dass bereits andere Ministerien an der Entwicklung einer Kollaborationsplattform bei Krisenlagen arbeiten (Staatsministerium Baden-Württemberg 2022). Da für die Umsetzung des Use Case ein sehr umfangreicher Datenaustausch notwendig ist und alle Komponenten der Datenraum-Referenzarchitektur genutzt werden können, ist dieser Use Case aus Sicht des Projektteams und der Expertinnen und Experten geeignet, die Referenzarchitektur für einen deutschen Energiedatenraum prototypisch aufzubauen. Eine erfolgreiche Umsetzung im vorgegebenen Zeit- und Kostenrahmen wurde als realistisch eingeschätzt, wenn die Grenzen des Use Case klar definiert werden und der Aspekt der rechtssicheren Datenhaltung adressiert wird. Auch die Anschlussfähigkeit an bereits bestehende Use Cases innerhalb des deutschen Gaia-X Hubs wurde als gut bewertet. Aufgrund der Tatsache, dass der Use Case nicht primär auf den Energiesektor beschränkt ist, sondern eine sehr breite Anwendbarkeit denkbar wäre, und angesichts der Herausforderungen bezüglich der Datenverfügbarkeit bzw. Datenbereitstellung wurde allerdings nicht dieser Use Case (3), sondern der folgende Use Case (4) im Projekt weiterverfolgt.

Use Case (4) hat die Umsetzung von Redispatch 3.0 zur Nutzung des Flexibilitätspotenzials kleinster Erzeugungs- und Verbrauchseinheiten bei Netzengpässen zum Ziel. Da bei einer Weiterentwicklung von Redispatch 2.0 zu Redispatch 3.0 weitere Anlagen zur Nutzung von Flexibilitäten berücksichtigt werden sollen, wird die Datenbasis noch komplexer. Wie bereits in Kapitel 1.1 beschrieben, können Netzbetreiber die vorhandenen Potenziale derzeit nur eingeschränkt nutzen. Um beispielsweise auch die Flexibilitäten von (Kleinst-)Anlagen zu erschließen, die potenziell auch ihre Marktrolle wechseln können (wie z. B. Elektrofahrzeuge durch bidirektionales Laden von der Nachfrageseite auf die Angebotsseite o. Ä.), gibt es bislang keinen gesamtsystemischen Ansatz. Die Integration dezentraler Kleinstflexibilitäten in das Stromsystem und den übergeordneten Redispatch-Prozess

würde jedoch helfen, die Dekarbonisierung des Energiesystems weiter voranzutreiben (Strüker et al. 2021b). Denn nur so könnten (neue) Flexibilitätsoptionen (Nachfrageflexibilität, Angebotsflexibilität, Sektorenkopplung und Energiespeichersysteme) erschlossen bzw. Flexibilitätspotenziale voll ausgeschöpft werden (Heffron et al. 2020). Ein Energiedatenraum könnte dazu beitragen, die effiziente und feingranulare Steuerung bzw. Netzführung auch im Hinblick auf Kommunikation und Abrechnung weiterzuentwickeln und zu verbessern.

Aufgrund der genannten Aspekte wurde dieser Use Case aus Sicht des Projektteams und der Expertinnen und Experten zum einen als systemrelevant und zukunftsfähig bewertet. Zum anderen beschreibt dieser Use Case ein sehr akutes und aktuelles Problem. Auch der prototypische Aufbau einer Referenzarchitektur für einen deutschen Energiedatenraum könnte anhand dieses Use Case gut demonstriert werden, da für die Umsetzung von Redispatch 3.0 ein sehr umfangreicher Datenaustausch notwendig ist und alle Komponenten der Datenraum-Referenzarchitektur genutzt werden können. Die Anschlussfähigkeit an die Energiewirtschaft sowie die Skalierbarkeit und die Tatsache, dass der Use Case an bereits bestehende Use Cases des deutschen Gaia-X Hubs anschlussfähig ist, wurden vom Projektteam und den Expertinnen und Experten ebenfalls als sehr hoch eingeschätzt. Lediglich hinsichtlich der Umsetzung im vorgegebenen Zeit- und Kostenrahmen wurden klare Grenzen für den weiteren Projektverlauf definiert. Da der Use Case Redispatch 3.0 sehr viele einzelne Anwendungsfälle (Mini Use Cases) umfasst, wäre es nicht möglich, die Anwendungsfälle im vorgegebenen Zeit- und Kostenrahmen vollumfänglich auszuarbeiten. Unter der Maßgabe, diese Grenzen im nächsten Schritt zu definieren, wurde im Projektteam gemeinsam mit den Expertinnen und Experten entschieden, diesen Use Case als Grundlage für den Show Case im Rahmen des Projekts dena-ENDA zu nutzen.

Durch eine größere und besser integrierte Datenbasis zu einem verbesserten Netzengpassvermeidungsprozess

Mit der Einführung von Redispatch 2.0 wird bereits daran gearbeitet, den planwertbasierten Prozess zur Vermeidung von Netzengpässen weiterzuentwickeln. Dies bedeutet, dass durch einen prognosebasierten Prozess zwischen Netzbetreibern und Anlageneinsatzverantwortlichen Netzengpässe vorhergesagt und durch frühzeitiges Eingreifen gezielt reduziert werden können. Ziel dieser Prognosen ist es, zu vermeiden, dass spontan auf Netzengpässe reagiert werden muss und damit gegebenenfalls auch Wind- und Photovoltaik-Anlagen kurzfristig abgeregelt werden müssen. Um insbesondere auch die Einbindung von privaten dezentralen Kleinstanlagen < 100 kW Nennleistung (Redispatch 3.0) zusätzlich zu integrieren, muss die bestehende Datenbasis weiter ausgebaut werden. Ein Energiedatenraum könnte dazu beitragen, auf bestehenden Lösungen aufzubauen und einen solchen prognosebasierten Netzengpassvermeidungsprozess weiter zu verbessern.

2.2 Welche Anforderungen stellt der Show Case Redis-X an einen Energiedatenraum?

Um eine Referenzarchitektur für einen Energiedatenraum aufzubauen, wurden im nächsten Schritt die Anforderungen an den Show Case mithilfe einer Anforderungsanalyse identifiziert. Hierbei wurden konkrete Mini Use Cases mit dem Projektteam sowie mit den Expertinnen und Experten erarbeitet. Als Grundlage diente der Use Case Redispatch 3.0. Da der Use Case Redispatch 3.0 im zeitlich begrenzten Rahmen des Projekts nicht vollumfänglich umgesetzt werden konnte, aber die Grundlage für den Show Case bildet, wurde der Show Case in Anlehnung an die Gaia-X-Initiativen Redis-X genannt. Im Zuge der Anforderungsanalyse wurden neben den Mini Use Cases auch die für die Umsetzung relevanten Datensätze durch das Projektteam definiert, die im Folgenden erläutert werden.

Zu den relevanten Datensätzen gehören zum einen die Stammdaten, die als feste Informationen von Anlagen oder Markttrollen des Energiemarktes vorliegen. Diese Daten werden initial erfasst und bilden somit die Eigenschaften von Anlagen und Markttrollen ab. Im Kontext des betrachteten Show Case Redis-X sind neben weiteren Stammdaten die folgenden Daten für die Umsetzung relevant und müssen erfasst werden: Stammdaten von Erneuerbare-Energien-Anlagen, die beispielsweise die minimale und die maximale Einspeisung sowie die Regel- und Steuerungsmöglichkeiten oder den Standort umfassen; Stammdaten von Stromspeichern, die sich unter anderem aus der maximalen Kapazität, dem Wirkungsgrad und der maximalen Wirkleistung bei Ausspeicherung zusammensetzen; aber auch Verteilnetzinformationen, die Auskunft über die Einspeisepunkte geben, sind essenziell, beispielsweise die maximale Leistung oder die Nennkapazität. Im Marktstammdatenregister (MaStR) der Bundesnetzagentur sind die Erzeugungs-, Speicher- und Verbrauchsanlagen sowie Daten zu den Markttrollen für Deutschland erfasst. Die hier hinterlegten Informationen umfassen umfangreiche Stammdaten einschließlich der Marktllokationen. In diesem Zusammenhang gibt es bereits Projekte, die untersuchen, wie Stammdaten weitgehend automatisiert in das MaStR eingespielt werden können. So wurde dafür zum Beispiel im BMIL-Projekt (Blockchain Machine Identity Ledger) der dena ein Ansatz für eine Blockchain-basierte Schnittstelle zur Client-Server-Datenbank des Marktstammdatenregisters beschrieben (siehe Projektbericht der Deutschen Energie-Agentur (dena) (2022b)).

Stamm- und Bewegungsdaten als elementare Bausteine eines Datenraums

Bei der Implementierung eines Datenraums müssen verschiedene Arten von Daten unterschieden werden. Im Energiekontext sind Stammdaten die Art von Daten, die zum Beispiel Anlagen oder Markttrollen beschreiben. Diese Daten werden zu Beginn, das heißt bei der Registrierung von Anlagen und Markttrollen, erfasst und ändern sich in der Regel im Laufe der Zeit nicht. Daher werden Stammdaten manchmal auch als Grunddaten bezeichnet. In der Energiewirtschaft bilden Stammdaten häufig die Grundlage für verschiedene Marktprozesse. Daher ist es für die Marktkommunikation unerlässlich, die Stammdaten vollständig zu erfassen und korrekt zu halten.

Im Vergleich zu Stammdaten weisen Bewegungsdaten einen hohen Datendurchsatz auf, da Bewegungsdaten die zeitliche Veränderung von Zuständen darstellen und somit kontinuierlich abgeglichen und auf einen neuen Stand gebracht werden müssen. Bewegungsdaten werden manchmal auch Transaktionsdaten genannt. Insbesondere durch die Volatilität der erneuerbaren Energien, die steigende Anzahl von Elektrofahrzeugen und die Zunahme steuerbarer Lasten gewinnen Bewegungsdaten für das Energiesystem zunehmend an Bedeutung (Deutsche Energie-Agentur (dena) 2021).

Neben den Stammdaten sind verschiedene Bewegungsdaten, das heißt Daten, die sich im Zeitverlauf ändern, bzw. Transaktionsdaten für ein funktionierendes Energiesystem essenziell. Für die Umsetzung des Show Case Redis-X sind unter anderem folgende Bewegungsdaten zu berücksichtigen: die Ist-Einspeisung von Erneuerbare-Energien-Anlagen, der aktuelle Ladezustand von Stromspeichern oder auch sich dynamisch anpassende Informationen zu Nichtbeanspruchbarkeiten, das heißt zu Zeiträumen, in denen Ressourcen, wie zum Beispiel verschiedene Anlagen, nicht für Einspeise- oder Verbrauchsanpassungen genutzt werden können. Nur durch die kombinierte Betrachtung und Verarbeitung von Stamm- und Bewegungsdaten können bestehende Prozesse analysiert und optimiert werden (Deutsche Energie-Agentur (dena) 2021). Denn damit eine Anlage aktiv am Redispatch 3.0 teilnehmen kann, muss der zuständige Netzbetreiber nicht nur die Stammdaten dieser Anlage kennen, sondern auch planen bzw. nachvollziehen können, wie sich diese Anlage in einem bestimmten Zeitraum verhalten kann bzw. tatsächlich verhalten hat.

Zusätzlich zu den Stamm- und Bewegungsdaten werden Daten verschiedener Dienste und Services benötigt. Für den Show Case Redis-X sind dies unter anderem Wetterdaten. Zu den Wetterdaten zählen neben Windprognosen (z. B. Windstärke) auch Prognosen zu Sonnenstunden, Sonneneinstrahlung und Globalstrahlung. Diese Daten werden sowohl Day-ahead als auch ex post benötigt, um einerseits Entscheidungen für die Zukunft treffen zu können und um andererseits vergangene Entscheidungen zu bewerten und Rückschlüsse für die weitere Umsetzung zu ziehen.

Neben den Daten als elementare Bausteine für die Umsetzung des Show Case müssen bestimmte Rollen, Gebiete und Objekte definiert werden. Das Rollenmodell des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) liefert Anhaltspunkte für diese Definitionen und stellt die wesentlichen Beziehungen zwischen den Rollen, Gebieten und Objekten auf Basis gesetzlicher, regulatorischer und technischer Vorgaben dar. Rollen können dabei sowohl von natürlichen als auch von juristischen Personen ausgeübt werden, wobei eine Rolle per Definition durch konkrete Aufgaben- und Verantwortungsbereiche festgelegt ist. Dabei verwaltet eine Rolle verschiedene Gebiete und Objekte, während allerdings auch mehrere Rollen diese Gebiete und Objekte nutzen können. Ein Gebiet ist ein physisches oder virtuelles Konstrukt, das durch einen abgegrenzten Bereich definiert ist; entsprechend stellen Netzgebiete oder Regelzonen Gebiete dar. Objekte hingegen weisen gemeinsame Eigenschaften auf und werden über sie klassifiziert. So stellen beispielsweise Bilanzkreise oder Marktlokationen Objekte dar (BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. 2021; Deutsche Energie-Agentur (dena) 2021). Die Abgrenzungen und Definitionen bilden die Grundlage für die Umsetzung einheitlicher und automatisierter Prozesse für den deutschen Energiemarkt. Für das Projekt hat sich gezeigt, dass diese Unterscheidung elementar für das Datenmodell und den Aufbau der Referenzarchitektur des Energiedatenraums ist.

Im Rahmen des Projekts wurden gemeinsam mit den Expertinnen und Experten die folgenden Rollen als relevant für die Umsetzung des Show Case Redis-X zur Berücksichtigung in der Referenzarchitektur für den Energiedatenraum identifiziert. Die Grundlage für die Beschreibungen liefert das Rollenmodell des BDEW (2021):

- **Bilanzkreisverantwortliche** verantworten einen Bilanzkreis und sind dabei für den energetischen Ausgleich innerhalb des Bilanzkreises zuständig. Unter einem Bilanzkreis wird dabei ein virtuelles Energiemengenkonto verstanden, über das die Bilanzkreisverantwortlichen alle Ein- und Ausspeisemengen saldieren. Für eventuelle Abweichungen von den gemeldeten Prognosen tragen die Bilanzkreisverantwortlichen auch die finanzielle Verantwortung und sind somit auch für die Bilanzkreisabrechnung und den finanziellen Ausgleich zwischen den Bilanzkreisverantwortlichen für die zu viel oder zu wenig gelieferte Energie zuständig.
- **Einsatzverantwortliche** übernehmen die Rolle, für den Einsatz einer einzelnen technischen Ressource verantwortlich zu sein. Eine technische Ressource ist eine elektrische Erzeugungs-, Speicher- oder Verbrauchsanlage. Zu den Hauptaufgaben der Einsatzverantwortlichen gehört die Übermittlung der Daten der Anlage sowie deren Fahrplan. Dabei ist es nicht zwingend erforderlich, dass die Einsatzverantwortlichen gleichzeitig auch die Eigentumsrechte für die Anlage innehaben oder Betreiber der Anlage sind.
- **Netzbetreiber** sind für den sicheren Betrieb der Netze verantwortlich. Dabei wird zwischen Übertragungsnetzbetreibern und Verteilnetzbetreibern unterschieden. Die Übertragungsnetzbetreiber sind für die Übertragungsnetze, das heißt die Höchstspannungsleitungen, zuständig und stellen die Systemsicherheit und -stabilität innerhalb einer Regelzone sicher. Deutschland ist in vier Regelzonen aufgeteilt, die von den vier Übertragungsnetzbetreibern 50Hertz, Amprion, TenneT und TransnetBW verwaltet werden. Die Verteilnetzbetreiber verantworten die Nieder-, Mittel- und Hochspannungsnetze. Zu ihren Aufgaben gehören die Durchleitung und die Verteilung von Strom sowie der Betrieb, die Wartung und der Ausbau des eigenen Netzes in einem bestimmten Gebiet und gegebenenfalls der Verbindungsleitungen zu anderen Netzen. Darüber hinaus verwalten die Netzbetreiber die an das eigene Netzgebiet angeschlossenen Objekte sowie die Zuordnung von Marktakteuren zu diesen Objekten. In Deutschland gibt es derzeit über 850 Verteilnetzbetreiber (Bundesnetzagentur 2023).
- **Lieferanten** sind sowohl für die Belieferung mit als auch für die Abnahme von Energie von Marktlokationen zuständig, je nachdem ob Energie verbraucht oder erzeugt wird. Die Lieferanten sind darüber hinaus für den finanziellen Ausgleich zwischen den bilanzierten und den gemessenen Energiemengen von den nach Standardlastprofil bilanzierten Marktlokationen verantwortlich. Im Jahr 2020 waren in Deutschland rund 1.440 Unternehmen als Stromlieferanten tätig und es wurden im Monitoring 51,4 Millionen Marktlokationen von Letztverbrauchern erfasst (Bundesnetzagentur 2022c).

Zusätzlich zu den im BDEW-Rollenmodell beschriebenen Rollen wurde vom Projektteam eine weitere Rolle für den betrachteten Show Case Redis-X definiert:

- **Aggregatoren** werden als diejenige Rolle verstanden, die mehrere einzelne Einheiten, beispielsweise Verbrauchseinheiten, wie (Wohn-)Gebäude mit einzelnen Haushalten oder Unternehmen, und Erzeugungseinheiten, wie Photovoltaik-Anlagen auf Hausdächern, aggregiert betrachten und steuern. Aggregatoren bündeln dabei die Flexibilität, die sich aus der aggregierten Betrachtung ergibt, und geben sie an die nächste Ebene, zum Beispiel die Netzbetreiber, weiter. Für die Umsetzung des Show Case Redis-X wurde im Projekt verstärkt auf die Quartiersverantwortlichen eingegangen, die die Rolle der Aggregatoren für ein Quartier einnehmen. Ein Quartier bezeichnet dabei im Rahmen des Projekts

geografisch nahe beieinanderliegende Verbrauchs- und Erzeugungseinheiten, die aggregiert betrachtet werden bzw. betrachtet werden können. Häufig werden mehrere Straßenzüge mit (Wohn-)Gebäuden zusammengefasst als Quartier beschrieben. Quartiersverantwortliche haben dann zum einen die Aufgabe, die Verbrauchs- und Erzeugungseinheiten im Quartier abzubilden und zu pflegen sowie bei Bedarf mit den Anlagenbetreibern in Interaktion zu treten. Zum anderen versuchen Quartiersverantwortliche, im Quartier selbst Erzeugung und Verbrauch durch die Nutzung der vorhandenen Flexibilität auszugleichen und zu prognostizieren, wie viel Flexibilität das Quartier potenziell für den Ausgleich auf der nächsthöheren Ebene zur Verfügung stellen kann.

Des Weiteren wurden im Rahmen des Projekts insgesamt neun spezifische Mini Use Cases definiert, die für die Umsetzung des Show Case Redis-X zum Aufbau einer Referenzarchitektur für einen deutschen Energiedatenraum berücksichtigt werden sollen. Für die Auswahl der Mini Use Cases wurden in erster Linie die in der BDEW-Studie (2020a) aufgeführten und für Redispatch 2.0 definierten Use Cases abgeglichen, im Projektteam priorisiert und für den Show Case Redis-X aufgesetzt. Für die Umsetzung im Projekt wurden die folgenden Mini Use Cases ausgewählt:

- **Mini Use Case 1 – Stammdaten:** Dieser Mini Use Case umfasst die Übermittlung von initialen und angereicherten Stammdaten sowie von Stammdatenänderungen. Die Übermittlung der initialen Stammdaten an die Anschlussnetzbetreiber ist bei der Inbetriebnahme der steuerbaren Anlagen, zum Beispiel von Erneuerbare-Energien-Anlagen oder Speichern, erforderlich. Nachdem Anschlussnetzbetreiber die initialen Stammdaten mit weiteren Stammdaten angereichert haben, müssen diese an die betroffenen Netzbetreiber weitergeleitet werden. Im Falle von Stammdatenänderungen müssen diese neuen Informationen wiederum an alle Einheiten bzw. Beteiligten, die diese Informationen benötigen, übermittelt werden. Diese Informationsweitergabe ist in der Referenzarchitektur des Energiedatenraums entsprechend zu berücksichtigen.
- **Mini Use Case 2 – Nichtbeanspruchbarkeit:** Unter Nichtbeanspruchbarkeit werden Leistungseinschränkungen einer Anlage verstanden. Gründe hierfür können einerseits technischer Natur sein (z. B. Wartung), andererseits können aber auch Auflagen, beispielsweise aus dem Umweltschutz, dazu führen, dass eine Anlage in bestimmten Zeitfenstern bzw. Zeiträumen nicht eingesetzt werden darf. Diese Informationen sind für die Planung des Netzzustands sowie des zeitlichen Einsatzes der Anlage relevant und müssen an die entsprechenden Einheiten bzw. Beteiligten weitergegeben werden. Dieser Austausch von Informationen über die Nichtbeanspruchbarkeiten bzw. auch die Bereitstellung relevanter Informationen über Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel Änderungen von Auflagen durch den Umweltschutz, sind in der Referenzarchitektur des Energiedatenraums zu beachten.
- **Mini Use Case 3 – Netzbedingte Anpassung:** Der Ausbau der erneuerbaren Energien führt zu immer mehr dezentralen Erzeugungseinheiten. Aufgrund der geografischen Gegebenheiten befinden sich diese dezentralen Erzeugungseinheiten jedoch nicht immer in unmittelbarer Nähe zu den verbrauchsintensiven Einheiten. So wird beispielsweise im Norden Deutschlands viel Strom durch Windkraftanlagen erzeugt, während in den Verbrauchsschwerpunkten im Süden und Westen Deutschlands vergleichsweise mehr Strom benötigt wird (Bürgerdialog Stromnetz 2023). Das hat zur Folge, dass der Strom über die Übertragungsnetze transportiert werden muss. Das heutige Netz ist für diesen Transport jedoch nicht ausgelegt, was teilweise zu Netzengpässen führen kann. Bei Netzengpässen reicht die Netzkapazität nicht aus, um den Strom von den Erzeugungseinheiten zu den Verbrauchseinheiten zu transportieren. In diesem Fall werden zunächst fossile Kraftwerke geregelt, das heißt, Kraftwerke vor dem Netzengpass werden heruntergefahren und Kraftwerke hinter dem Netzengpass werden hochgefahren. Reicht diese Regelung nicht aus, um den Netzengpass zu beheben, werden in einem nächsten Schritt auch erneuerbare Energien zeitweise abgeregelt (Bundesverband WindEnergie 2015). Im Mini Use Case „Netzbedingte Anpassung“ soll für die Referenzarchitektur des Energiedatenraums vorgesehen werden, dass Sollwerte zur Vermeidung von Netzengpässen berechnet werden können und auf Basis dieser Sollwerte ein Fahrplan bezüglich der einsetzbaren Anlagen übermittelt werden kann.
- **Mini Use Case 4 – Spannungsverletzung:** Durch den Ausbau dezentraler Erzeugungseinheiten wird insbesondere ein Netzausbau auf der Mittelspannungsebene notwendig, da es hier aufgrund des veränderten Verhältnisses von Einspeisung und Last häufiger zu Spannungsverletzungen kommen kann. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Energie aus erneuerbaren Energien vermehrt in die überlagerten Netzebenen übertragen werden muss (Agora Energiewende 2014). Mit diesem Mini Use Case soll für die Referenzarchitektur des Energiedatenraums sichergestellt werden, dass die entsprechenden Daten zwischen den Anlagen und Beteiligten ausgetauscht werden, um das Spannungsband einzuhalten und Spannungsverletzungen zu vermeiden.
- **Mini Use Case 5 – Grenzwertverletzung:** Eine Grenzwertverletzung liegt bei einer zu niedrigen oder zu hohen Leistung im Netz vor. Dies kann zu Störungen oder sogar zu Schäden an einzelnen Verbrauchs- und Erzeugungseinheiten führen. Durch steuernde Eingriffe der Verteilnetzbetreiber in die Einspeiseleistung von Erzeugungseinheiten können Grenzwertverletzungen vermieden werden. Zwar kann der Netzausbau dazu beitragen, Grenzwertverletzungen zu reduzieren, jedoch ist es sehr wahrscheinlich, dass aufgrund des weiter steigenden Anteils an erneuerbaren Energien weiterhin Grenzwertverletzungen auftreten werden (Bundesnetzagentur 2022b; Deutsche Energie-Agentur (dena) 2016). Aus diesem Grund wurde dieser Mini Use Case als relevant eingestuft. Die Referenzarchitektur des Energiedatenraums sollte ihn entsprechend abbilden können.

- **Mini Use Case 6 – Ampel:** Da sich der Netzzustand aufgrund vieler Einflussfaktoren ständig ändern kann und Netzengpässe immer häufiger auftreten können, wurde vom BDEW das Ampelkonzept entwickelt, um den Netzzustand schneller einordnen zu können und die Nutzung netzdienlicher Flexibilität zu erhöhen. Die Idee des Ampelkonzepts ist es, den Netzzustand für einen bestimmten Zeitraum und ein bestimmtes Netzsegment durch die Farben einer Ampel (Grün, Gelb und Rot) zu beschreiben. Die Ampelfarbe gibt damit bestimmte Regeln für das Zusammenwirken der relevanten Marktrollen, wie beispielsweise der Erzeugungseinheiten oder der Bilanzkreisverantwortlichen, vor (BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. 2015). Die Ampelfarben haben dabei folgende Bedeutung: In der grünen Phase liegen keine kritischen Netzzustände vor. Die Netzbetreiber greifen nicht in den Markt ein und es wirken die Marktmechanismen (Wettbewerb). Die gelbe Phase wird als Interaktionsphase bezeichnet, es liegt ein potenzieller oder tatsächlicher Netzengpass im definierten Netzsegment vor. Netzbetreiber rufen daher vertraglich zugesicherte Flexibilität von Marktakteuren ab, um diesen Netzengpass zu beheben. In der roten Phase besteht eine unmittelbare Gefährdung der Systemstabilität und damit der Versorgungssicherheit. Ergänzend zu den Maßnahmen der gelben Ampelphase greifen Netzbetreiber direkt steuernd oder regelnd außerhalb des Marktes ein. Um auf Basis der Einspeisung sowie der Last- und der Netzprognose die Ampelfarbe für das entsprechende Netzsegment ermitteln zu können, muss in der Referenzarchitektur des Energiedatenraums sichergestellt werden, dass alle relevanten Daten und Informationen zur Umsetzung des Ampelkonzepts zur Verfügung stehen.
- **Mini Use Case 7 – Prognosemodell:** Mithilfe des Prognosemodells werden die Erzeugungsprognosen durch die Netzbetreiber erstellt (BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. 2020b). Daraus ergibt sich die Fahrplanberechnung unter Berücksichtigung der einsetzbaren Ressourcen als Prognose (Day-ahead). Im Duldungs- oder Aufforderungsfall wird der Fahrplan an die Einsatzverantwortlichen übermittelt. Im Duldungsfall werden die Einsatzverantwortlichen durch die Netzbetreiber über die Steuerung ihrer Anlagen informiert, die Steuerung erfolgt jedoch durch die Netzbetreiber. Im Aufforderungsfall werden die Einsatzverantwortlichen durch die Netzbetreiber aufgefordert, ihre Ressource zu steuern. Der Mini Use Case wurde erstellt, um den Duldungs- und den Aufforderungsfall beim Aufbau der Referenzarchitektur des Energiedatenraums berücksichtigen und umsetzen zu können.
- **Mini Use Case 8 – Bilanzkreis-Monitoring:** Durch die Einführung einer Übermittlungspflicht für die Messwerte aller Marktlokationen müssen die von den Bilanzkreisverantwortlichen im Rahmen des Fahrplanmanagements angelieferten Prognosefahrpläne mit den aktuellen Einspeise- und Verbrauchswerten abgeglichen werden. Auf diese Weise kann die aktuelle Ausgeglichenheit der Bilanzkreise überprüft werden. Die Bilanzkreisüberwachung erfolgt durch die Aktivierung der MaBiS-Zählpunkte (MaBiS = Marktregeln für die Durchführung der Bilanzkreisabrechnung Strom). Um im Falle von Redispatch-Eingriffen eine Überwachung mit Nachbilanzierung zu ermöglichen, wird standardmäßig die Ausfallarbeit als „Ersatzwert“ für die Messwerte werktäglich übermittelt. Damit die relevanten Informationen und Daten an die entsprechenden Beteiligten übermittelt werden können, sind die Anforderungen an das Monitoring in die Referenzarchitektur des Energiedatenraums aufzunehmen.
- **Mini Use Case 9 – Ermittlung der Ausfallarbeit:** Die Differenz zwischen der theoretisch möglichen oder fahrplanmäßig gemeldeten Einspeisung bzw. dem letzten Einspeisewert vor einer Redispatch-Maßnahme und der tatsächlichen Einspeisung wird als Ausfallarbeit bezeichnet. Aus der Ausfallarbeit werden die Ansprüche der von den Maßnahmen betroffenen Anlagenbetreiber ermittelt. In der Referenzarchitektur des Energiedatenraums soll daher vorgesehen werden, dass die Ausfallarbeit auf Basis der vorliegenden Lastgangdaten berechnet werden kann und diese Information an die entsprechenden Einheiten, die von dieser Ausfallarbeit betroffen sind, übermittelt wird.

Basierend auf den Anforderungen in Form von relevanten Datensätzen, Rollen und Mini Use Cases, die für die Umsetzung des Show Case Redis-X erforderlich sind, wurde die Grundlage für die prototypische Entwicklung der Referenzarchitektur für einen deutschen Energiedatenraum im Rahmen des Projekts dena-ENDA gelegt.

3. Umsetzung des Show Case Redis-X

Als Grundlage für die technische Umsetzung des Show Case Redis-X wurden im Projektteam drei Epics definiert. Unter einem Epic wird dabei im Kontext des Anforderungsmanagements die Beschreibung einer Anforderung auf einem hohen Abstraktionsniveau verstanden. Die drei Epics, die für das Projekt dena-ENDA durch das Projektteam festgelegt wurden, sind die folgenden:

- Das Epic *Generelle Architektur* umfasst die Erarbeitung der grundlegenden Systemarchitektur sowie der entsprechenden technischen Infrastruktur. Dabei soll die Konformität der Entwicklungen mit der IDS-Referenzarchitektur durch einen Abgleich mit den Architekturkomponenten aus den Gaia-X- bzw. IDSA-Frameworks sichergestellt werden. Bei der Entwicklung des schematischen Aufbaus des Energiedatenraums für den Show Case Redis-X und der technischen Architektur gilt es dabei zu berücksichtigen, dass weitere Anforderungen, die über den Umfang dieses Projekts hinausgehen, zu einem späteren Zeitpunkt integriert werden können.
- Mit dem Epic *Connector Apps* werden die Anforderungen an die Datenbereitstellung bzw. den Datenaustausch definiert und ausgearbeitet. Wie bereits in Kapitel 1.2 dargestellt, dient der Konnektor (engl. Connector) dabei als technische Schnittstelle zum Energiedatenraum, über die Data Provider ihre Daten im Datenraum bereitstellen und Data Consumer entsprechende Daten beziehen können. Der Konnektor ist eine Software, die die Vorgaben des Referenzarchitekturmodells und die darauf aufbauenden IDSA-Zertifizierungskriterien erfüllt.
- Das Epic *Consumer Apps* enthält die Anforderungen des Show Case Redis-X, die durch die in Kapitel 2.2 definierten Mini Use Cases festgelegt wurden. Diese Anforderungen beziehen sich zum einen auf die notwendige Aufbereitung der Daten zur Umsetzung der Mini Use Cases und zum anderen auf die Anbindung und Darstellung der Daten bzw. Informationen für die Data Consumer. Die Darstellung der Daten bzw. Informationen umfasst in diesem Zusammenhang auch die im Rahmen des Projekts entwickelten Dashboards.

Zur weiteren Konkretisierung der Anforderungen an die technische Umsetzung wurden die Epics durch das Projektteam in sogenannte Features und User Stories unterteilt. Sie wurden auf Basis der grundlegenden Anforderungen an einen Datenraum (siehe Kapitel 1.2) und der zuvor in Kapitel 2.2 definierten Rollen und Mini Use Cases für den Show Case Redis-X erarbeitet. Unter Features werden dabei allgemeine Funktionalitäten eines Epic

verstanden. Das Epic *Connector Apps* beinhaltet beispielsweise das Feature *Provider-Connector*, das berücksichtigt, dass alle für die Umsetzung der Mini Use Cases relevanten Akteure ihre Daten übermitteln können. Welche Akteure konkret welche Informationen bereitstellen sollen, wird in Form von User Stories festgelegt. Unter einer User Story wird somit aufbauend auf dem jeweiligen Feature eine weitere Spezifikation aus Sicht der Endnutzerschaft definiert. Das Feature *Provider-Connector* besteht dementsprechend aus den User Stories, die beispielsweise festlegen, dass ein Wetterdienst die Wetterdaten oder Anlagenbetreiber die Stammdaten ihrer Anlagen übermitteln können. Durch die Definition von einzelnen Tasks, die wiederum den User Stories zugeordnet sind, ist für die weitere Entwicklungsarbeit klar vorgegeben, welche Schritte zu gehen sind, um das Zielbild zu erreichen. Die Anforderungen wurden dabei im Projektverlauf kontinuierlich weiterentwickelt und durch regelmäßige Evaluierung im Projektteam und im Kreis der Expertinnen und Experten nach aktuellen Bedarfen und Erkenntnissen priorisiert.

Epics, Features, User Stories und Tasks im Projekt dena-ENDA

Das Projekt dena-ENDA war als Kurzzeitprojekt angelegt, um möglichst schnell erste Ergebnisse und zukunftsweisende Ansatzpunkte für weitere Projekte zu erarbeiten. Für die Umsetzung des Show Case Redis-X zum Aufbau einer Referenzarchitektur für einen deutschen Energiedatenraum war es zum einen wichtig, schnell konkrete Handlungsschritte für die Implementierung abzuleiten. Zum anderen bestand die Anforderung, diese wiederum agil anpassen zu können, sobald sich Rahmenbedingungen ändern oder weitere Erkenntnisse ergeben. Um diesen Veränderungen im Projekt gerecht zu werden, wurden die Anforderungen auf Basis des agilen Projektmanagements in Form von Epics, Features, User Stories und Tasks beschrieben. Epics stellen dabei die oberste Ebene der Anforderungen und größere Aufgabenpakete dar, die durch die anderen Elemente detaillierter beschrieben werden. Features sind Services oder Funktionen eines Produkts, die einen Geschäftswert liefern oder die Bedürfnisse der Endnutzerschaft erfüllen. Ein Feature wird durch mehrere User Stories näher beschrieben. Mithilfe von User Stories werden kurze Anforderungen oder Anfragen aus Sicht der Endnutzerschaft formuliert und definiert. Auf diese Weise kann deren Perspektive direkt integriert werden. Zur Umsetzung der User Stories werden Teilaufgaben formuliert, die in relativ kurzer Zeit abgearbeitet werden können. Sie werden auch als Tasks bezeichnet.

3.1 Wie sieht das Datenmodell für die Umsetzung von Redis-X aus?

Die Grundlage für die Epics inklusive Features, User Stories und Tasks bilden die für die Umsetzung von Redis-X relevanten Datensätze, deren Auflösung bzw. Granularität und die entsprechend notwendigen Schnittstellen. Die grundsätzlich benötigten Datensätze, bestehend aus Stamm- und Bewegungsdaten sowie Daten weiterer Dienste und Services, wurden bereits in Kapitel 2.2 erläutert. Auf Basis der ausgewählten und beschriebenen Mini Use Cases hat das Projektteam detaillierte Datenmodelle erstellt. Sie sind einerseits in Stamm- und Bewegungsdaten und andererseits in Erzeugungs- und Verbrauchseinheiten sowie weitere Services unterteilt. Abbildung 2 zeigt einen Ausschnitt des ausgearbeiteten Datenmodells. Das entworfene Datenmodell gibt einen Überblick über die relevanten Datensätze inklusive Auflösung und Granularität sowie die Zusammenhänge zwischen

verschiedenen Datensätzen aus der Quartiersperspektive. Damit bildet dieses Datenmodell die Grundlage für die in Kapitel 2.2 beschriebenen Aufgaben der Quartiersverantwortlichen, nämlich den Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch durch die Nutzung der im Quartier vorhandenen Flexibilität und die Prognose, wie viel Flexibilität das Quartier potenziell für den Ausgleich auf der nächsthöheren Ebene zur Verfügung stellen kann. Die aufgestellten Datenmodelle für die verschiedenen Rollen stellen somit ein erstes und gleichzeitig grundlegendes Ergebnis des Projekts zum Aufbau der Referenzarchitektur für einen deutschen Energiedatenraum und den Show Case Redis-X dar. Da sich das Projekt dena-ENDA auf den Show Case Redis-X fokussiert, ist es für die weitere Ausgestaltung, auch in Bezug auf weitere Use Cases (siehe Kapitel 2.1) wichtig, existierende Datenmodelle zu integrieren sowie Standards hinsichtlich der Anschlussfähigkeit zu berücksichtigen und für die Weiterentwicklung einzubinden.

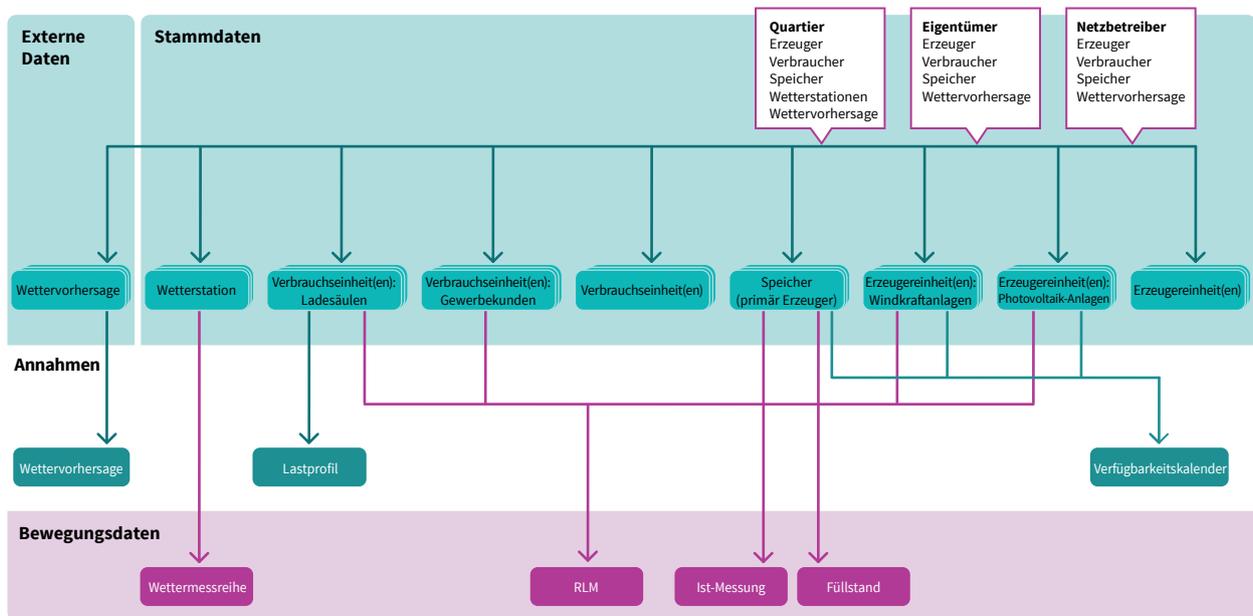


Abbildung 2: Ausschnitt aus dem Datenmodell, fokussiert auf die Rolle des Quartiers. (Quelle: eigene Darstellung Bonn Consulting)

3.2 Wie ist der Energiedatenraum aufgebaut?

Hinsichtlich der Datenbereitstellung wurden im Projektverlauf mit PSInsight und der Netzgesellschaft Niederrhein (NGN – zugehörig zu SWK Stadtwerke Krefeld AG) Partner gefunden, die dem Projekt Echtzeitdaten zur Verfügung stellen konnten. Die derzeit stattfindende Digitalisierung der Messstellen im Verteilnetz der Partner erwies sich hierbei als ausgesprochen hilfreich. Zum jetzigen Zeitpunkt sind ca. 70 Prozent der entsprechenden Messstellen der Partner digitalisiert, mit dem Ziel, in Kürze einen 100-Prozent-Stand zu erreichen. Für die Verarbeitung der Daten wurde eine standardisierte Schnittstelle zwischen dem Projekt und den Partnern zur Online-Übertragung der Daten eingerichtet. Diese Schnittstelle ermöglicht den Zugriff auf Echtzeitdaten in Intervallen von mindestens 15 Minuten, sodass der Show Case Redis-X mit aktuellen und realen Daten arbeiten kann. Alle weiteren notwendigen Daten, die durch diese initiale Kooperation nicht zur Verfügung standen, wurden mit erprobten Verfahren simuliert und zur Verifizierung mit anderen Datenmodellen abgeglichen. Mit den verfügbaren Realweltdaten in Kombination mit der Simulation der fehlenden Daten konnte ein weiterer wichtiger Schritt in Bezug auf die Datenbasis und Datenbereitstellung für den Aufbau einer Referenzarchitektur für einen deutschen Energiedatenraum und den Show Case Redis-X geschaffen werden. Unter Berücksichtigung des kurzen Zeithorizonts des Projekts konnte damit eine erste, für das Projektvorhaben passgenaue Grundlage gelegt werden, die für den weiteren Aufbau eines Energiedatenraums mit zusätzlichen Daten und der Einbindung mehrerer Data Provider ausgebaut werden kann.

Die Grundlage für den Architekturentwurf des Show Case Redis-X bildeten zum einen die Ergebnisse der Workshops mit den Expertinnen und Experten des Projekts sowie der fachliche Input des Projektkonsortiums. Zum anderen wurde der Architekturentwurf mit den Architekturkomponenten des Gaia-X- bzw. IDSA-Framework synchronisiert. Zudem fand ein Austausch zu weiteren Datenstandards im Energiebereich statt und es wurde Expertise aus benachbarten Projekten wie ForeSight und Redispatch 3.0 eingeholt. Abbildung 3 zeigt das Ergebnis des schematischen Aufbaus des Energiedatenraums für den Show Case Redis-X. In diesem ersten Schritt wird der Energiedatenraum in Form eines großen Kreises skizziert, der auch als Data Lake bezeichnet wird. Die Abbildung verdeutlicht, dass sowohl die Data Provider (oberhalb der gestrichelten Linie dargestellt) als auch die Data Consumer (unterhalb der gestrichelten Linie dargestellt) über entsprechende Konnektoren (im Projekt wurde der Dataspace Connector verwendet, siehe Abbildung 3) mit dem Energiedatenraum bzw. dem Data Lake verbunden sind.

Für die Konnektoren ist jeweils auch das Identitäts- und Zugriffsmanagement (Identity and Access Management (IAM)) relevant und daher entsprechend aufgeführt, auch wenn die detaillierte Erarbeitung von Nutzungsrichtlinien nicht im Fokus des Projekts dena-ENDA stand und sie daher weiterer Bearbeitung bedürfen. Durch das IAM entscheidet keine zentrale Instanz, wer welche Zugriffe erhält, sondern die jeweiligen Betreiber eines Konnektors entscheiden über ihre eigenen Daten und können die Zugriffsrechte verwalten. Die in der Abbildung dargestellte Usage Policy (Nutzungsrichtlinie) je App stellt darüber hinaus sicher, dass Nutzungsbedingungen für die Daten bzw. die daraus resultierenden Informationen definiert werden können. Diese Nutzungsbedingungen legen die Erlaubnis zur Nutzung der Informationen bzw. die damit verbundenen Pflichten fest. Das Ergebnis kann beispielsweise sein, dass Verbrauchsdaten auf Haushaltsebene nicht weitergegeben werden dürfen, der daraus resultierende Netzzustand des Straßenzuges jedoch an die entsprechenden Stakeholder übermittelt werden darf. Mehrere Nutzungsrichtlinien werden in einem Nutzungsvertrag (Usage Contract) festgehalten. Diese Nutzungsverträge werden in einem maschinenlesbaren Format gemäß den IDS-Richtlinien erstellt (Steinbuss 2019). Die Nutzungsrechte können nach der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) auch widerrufen werden, das heißt, es ist sichergestellt, dass die Daten durch die Data Provider gelöscht bzw. nicht mehr zur Verfügung gestellt werden können. Diese Daten werden dann auch in den nachfolgenden Verarbeitungsschritten bzw. Berechnungen entfernt bzw. sind nicht mehr verfügbar.

Die Darstellung der Data Provider in Abbildung 3 zeigt beispielhaft, welche Daten durch welche Data Provider für den Energiedatenraum zur Verfügung gestellt werden. Neben den Stammdaten, die durch die Anlagen- und Netzbetreiber übermittelt werden, sind dies vor allem Bewegungsdaten und Lastprofile, die die Messstellenbetreiber bereitstellen. Darüber hinaus ist die Einbindung externer Umweltdaten (z. B. Wetterdaten) für die Erstellung qualitativ hochwertiger Prognosen zur Energieerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen von zentraler Bedeutung. Auf der Seite der Data Consumer zeigt Abbildung 2, wie die Daten und Applikationen letztendlich von Quartiersverantwortlichen, Bilanzkreisverantwortlichen und Netzbetreibern genutzt werden können. Die bereitgestellten Informationen umfassen (finanzielle) Prognosen sowie Fahrpläne und Netzlastprognosen.

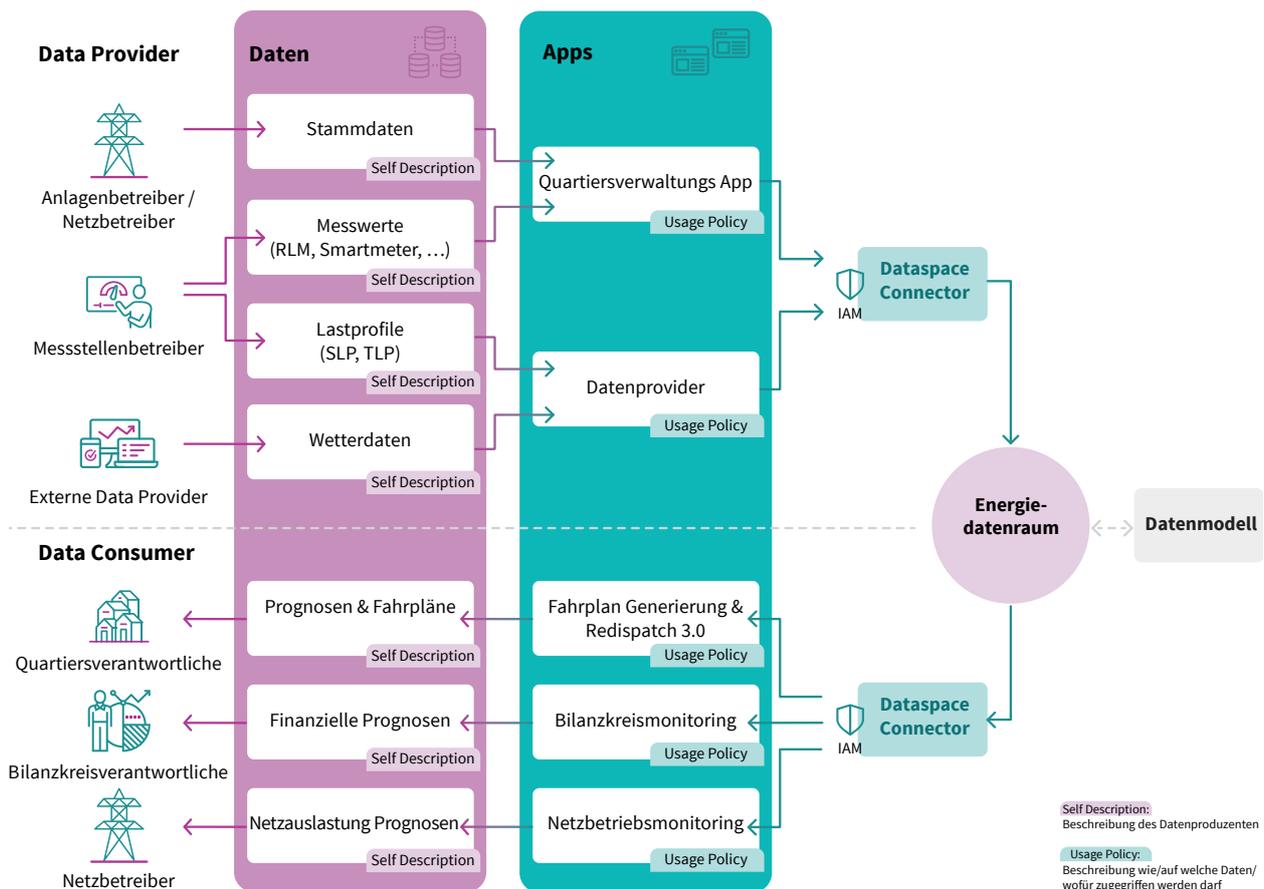


Abbildung 3: Schematischer Aufbau des Energiedatenraums für den Show Case Redis-X

Die zugrunde liegende technische Architektur für den Aufbau des Energiedatenraums ist so konzipiert, dass Schnittstellen, Datenflüsse und die Programmierung von Anwendungen für die Endnutzerschaft auch über die Anforderungen des Projekts den ENDA hinaus ergänzt werden können. Eine vereinfachte Darstellung der technischen Architektur, aufgeteilt in verschiedene Layer, ist in Abbildung 4 dargestellt. Die Basis der technischen Architektur bildet der Hardware Layer, das heißt ein physischer Computer-Server, auf dem die Programmierung und die Daten liegen. Darüber befindet sich der Virtualization Layer. Der Virtualization Layer wird eingesetzt, um die Hardware-Elemente eines einzelnen Computers, also Prozessoren, Arbeitsspeicher und Speicherplatz, auf mehrere virtuelle Computer aufzuteilen. Diese virtuellen Instanzen eines Computersystems werden auch als virtuelle Maschinen (VM) bezeichnet.

Im darüberliegenden Data Storage Layer werden die relevanten Daten gespeichert, um bei Bedarf darauf zugreifen zu können. Der Data Storage Layer besteht aus dem Data Lake und dem Data Warehouse. Ein Data Lake ist ein System, in dem Daten aus verschiedenen Quellen als Rohdaten, das heißt in ihrer ursprünglichen Form, gespeichert werden. Ein Data Lake kann

demnach strukturierte, semistrukturierte oder auch unstrukturierte Daten aufnehmen. Damit wird sichergestellt, dass auch die möglicherweise inhomogenen Daten zukünftiger Data Provider aufgenommen werden können. Ein Data Warehouse kann auch als Datenmanagementsystem beschrieben werden, das zur Durchführung von Abfragen und Analysen dient. Das Data Warehouse zentralisiert und konsolidiert große Datenmengen aus unterschiedlichen Quellen und ermöglicht durch Analysefunktionen die volle Ausschöpfung des Informationsgehalts der Daten. Der historische Datenbestand, der im Laufe der Zeit aufgebaut wird, bietet eine Grundlage für zukünftige Analysen und Prognosen. Das Data Warehouse stellt eine Single Source of Truth (SSOT) dar, weil es sich um einen zentralen, standardisierten Datenspeicher aller relevanten Daten handelt. Das Data Warehouse ermöglicht dabei ebenfalls die Umsetzung der Datenlöschung gemäß der Datenschutz-Grundverordnung, das heißt, sobald ein Data Provider sich entscheidet, weniger oder keine Daten mehr zur Verfügung zu stellen, werden die Daten für die weiteren Verarbeitungsschritte entsprechend aus dem System entfernt. Lediglich Informationen, die bereits in der Vergangenheit aus diesen Daten gewonnen werden konnten, werden nicht mehr nachträglich korrigiert.

Der nachgelagerte API Layer stellt eine standardisierte Programmierschnittstelle dar (Application Programming Interface (API)), um eine entkoppelte Schnittstelle zu anderen Programmen oder Daten anderer Anwendungen zu ermöglichen. Darüber befindet sich der IAM Layer, der das IAM implementiert (siehe auch Erläuterungen zu Abbildung 3). Über das IAM können die Zugriffsrechte auf die Daten durch die Betreiber eines Konnektors verwaltet werden. Im Data Space Connector Layer werden die Konnektoren als technische Schnittstelle zum Energiedatenraum definiert. Über die Konnektoren können die Data Provider ihre Daten im Datenraum bereitstellen und Data Consumer entsprechende Daten beziehen (siehe Kapitel 1.2). Darauf folgt der App Layer, um eine effiziente Kommunikation mit anderen Anwendungsprogrammen zu ermöglichen. Über den App Layer selbst findet keine Kommunikation statt, dieser Layer ist als Service Layer zu verstehen, der sicherstellt, dass die notwendigen Voraussetzungen für die Kommunikation vorhanden sind, und der das Protokoll und die Datensyntaxregeln auf Anwendungsebene festlegt.

Nach der Entwicklung der (technischen) Referenzarchitektur des Energiedatenraums für den Show Case Redis-X wurden die im Hintergrund notwendigen Datenverarbeitungen und Berechnungen für die Datenaufbereitung entwickelt und aufgebaut. Damit werden diejenigen Informationen aufbereitet, die verschiedenen Data Consumern zur Verfügung gestellt und in diesem Projekt mithilfe von Dashboards dargestellt werden. Dashboards dienen dabei als Werkzeug zur Anbindung der Endnutzerschaft. Die verschiedenen Stakeholder können den Output, der sich aus der Aufbereitung der Daten ergibt, über die Dashboards direkt visuell einsehen und die Dashboards können somit direkt in der Praxis genutzt und bedient werden. Im konkreten Fall von Redis-X und den in Kapitel 2.2 beschriebenen Mini Use Cases liefert die Übertragung der Daten von Data Providern zu Data Consumern allein noch keinen maßgeblichen Mehrwert, denn erst das Sammeln der Daten von verschiedenen Akteuren mithilfe des Energiedatenraums und vor allem das Zusammenführen und Aufbereiten der Informationen aus den Daten liefern die relevanten Erkenntnisse, die es entsprechend weiter zu nutzen gilt. Die im Hintergrund ablaufende Datenaufbereitung ist in Abbildung 3 auf der Ebene der Apps skizziert.

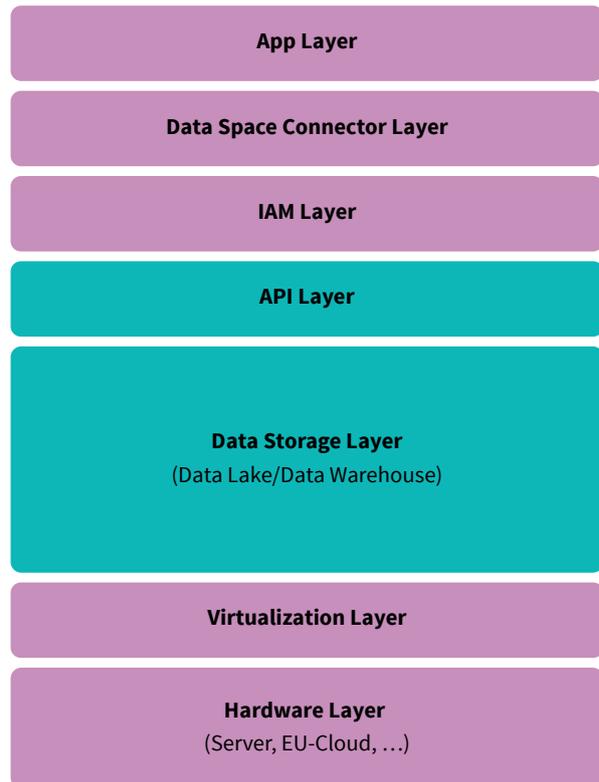


Abbildung 4: Technische Architektur des dena-ENDA-Energiedatenraums

Abbildung 5 zeigt die Funktionsweise der Applikation bzw. im Detail die Prediction Engine zur Fahrplangenerierung. Über den im Projekt verwendeten Dataspace Connector wird auf die verschiedenen Daten zugegriffen, die in Abbildung 5 auf der linken Seite aufgeführt sind. Diese Daten werden von der Prediction Engine weiterverarbeitet. Durch die Anwendung von statistischen Modellen, Reinforcement Learning und verschiedenen Heuristiken werden Fahrpläne generiert. Im Fall des Projekts dena-ENDA ermöglicht es die Prediction Engine beispielsweise auf Basis aktueller Stammdaten und nutzerspezifisch gesetzter

Parameter (siehe Abbildung 6 und die Erläuterung der Dashboards) die Erzeugung und den Verbrauch eines Quartiers zu prognostizieren und optimale Fahrpläne zu generieren bzw. aktuelle Anpassungen vorzunehmen. Durch die mit dem Datenraum und der Prediction Engine aufbereitete Datenbasis können somit eine potenziell bessere Lastverteilung und damit eine höhere Effizienz im Verteilnetz ermöglicht werden. Die Prediction Engine ist ein weiterer Baustein für den Aufbau einer Referenzarchitektur für einen deutschen Energiedatenraum und den Show Case Redis-X.

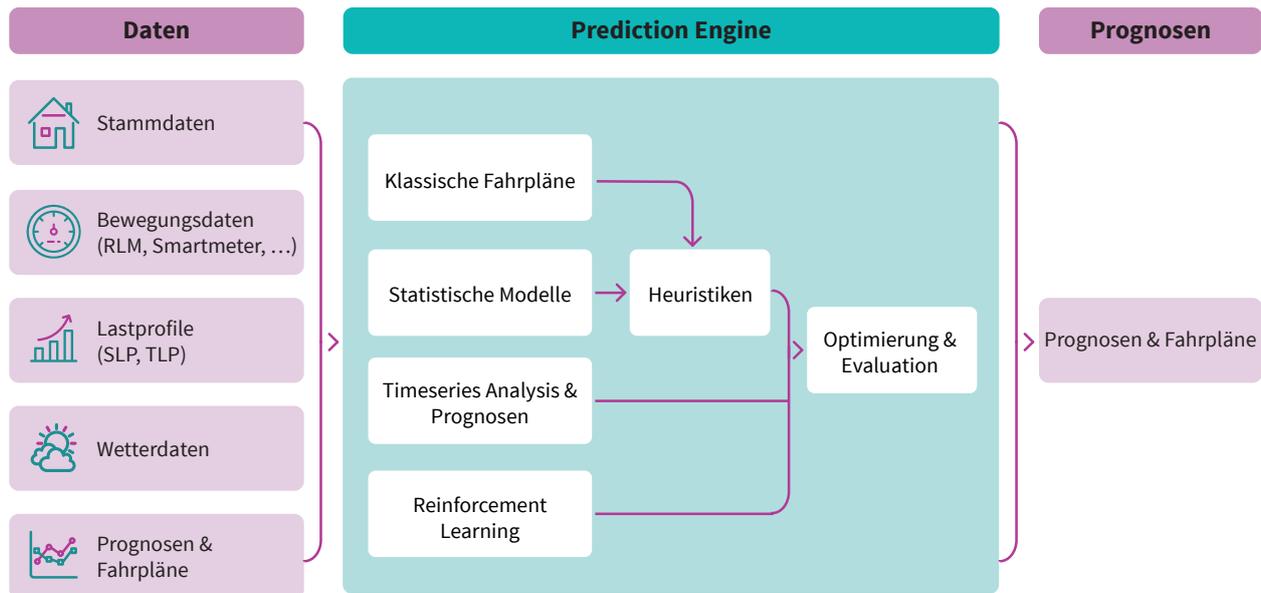


Abbildung 5: Redis-X Prediction Engine

3.3 Wie kann eine zielgruppenspezifische Datenaufbereitung aussehen?

Die im Projekt entwickelten Dashboards stellen die aufbereitete Datenbasis aus Sicht der Endnutzerschaft zielgruppenspezifisch konfigurierbar und nutzungsfreundlich dar. Neben der Umsetzung der technischen Architektur liefern der Aufbau und die Evaluierung der Dashboards wichtige Erkenntnisse für die Implementierung der Referenzarchitektur sowie für die Umsetzung des Show Case Redis-X in Verbindung mit der realweltlichen Anbindung der Endnutzerschaft. Die Dashboards können dazu beitragen, die Akzeptanz und die Bereitschaft zur Teilnahme an einem Energiedatenraum sowie an der Umsetzung von Redispatch 3.0 zu erhöhen, da die Informationen und Mehrwerte je Endnutzerguppe zielgruppenspezifisch aufbereitet werden können.

Für Data Consumer geben Dashboards einen Überblick über die Netzauslastung und stellen darüber hinaus umfangreiche Informationen zur Verfügung, um auf Basis von Ist-Zuständen und Prognosen entsprechende Fahrpläne generieren zu können.

Die Dashboards wurden an das aufgebaute Datenmodell angebunden, sodass eine Darstellung in Echtzeit möglich ist. Die Entwicklung der Dashboards erfolgte iterativ im Projektverlauf und wurde schrittweise an die Datenverfügbarkeit und die Anforderungsprofile der Data Consumer angepasst. Neben der Umsetzung von Dashboards für Fahrpläne und die definierten Mini Use Cases für Redis-X wurden Dashboards für die Anforderungen der Bilanzkreisverantwortlichen sowie für die Zielgruppe der Netzbetreiber konzipiert. Jedes Dashboard ist somit an die spezifischen Anforderungen der nutzenden Stakeholder angepasst und stellt diejenigen Informationen grafisch bereit, die durch den Energiedatenraum aufbereitet werden. Die Dashboards enthalten auch einstellbare Parameter für die Endnutzerschaft, um zum Beispiel vorhersagen zu können, was passiert, wenn sich die Rahmenbedingungen (kurzfristig) ändern. So kann unter anderem eingestellt werden, ob der Speicher oder auch das Elektrofahrzeug weiter geladen werden kann oder sollte (siehe Abbildung 6). Die Berechnungen für diese Vorhersagen sind ebenfalls bereits in der technischen Architektur hinterlegt. Das Dashboard in Abbildung 6 zeigt beispielhaft weitere Übersichten und Parameter, die die Umsetzung der Mini Use Cases abbilden (z. B. die

Darstellung der BDEW-Ampel). Abbildung 7 und Abbildung 8 zeigen zusätzlich Auszüge aus den für die dena erstellten Dashboards. Diese Dashboards dienen der Übersicht und Verwaltung der Quartiere. Beispielsweise können in dieser Ansicht des Quartiersmanagementsystems detaillierte Informationen zu den einzelnen Erzeugung- und Verbrauchseinheiten eingesehen

werden. Anhand der Visualisierung der Ergebnisse durch die Dashboards kann somit für die Endnutzerschaft anschaulich dargestellt werden, welcher Mehrwert geschaffen und welche praxisrelevanten Fragestellungen aufgrund der verbesserten Datenverfügbarkeit und -aufbereitung durch den Aufbau eines Energiedatenraums beantwortet werden können.

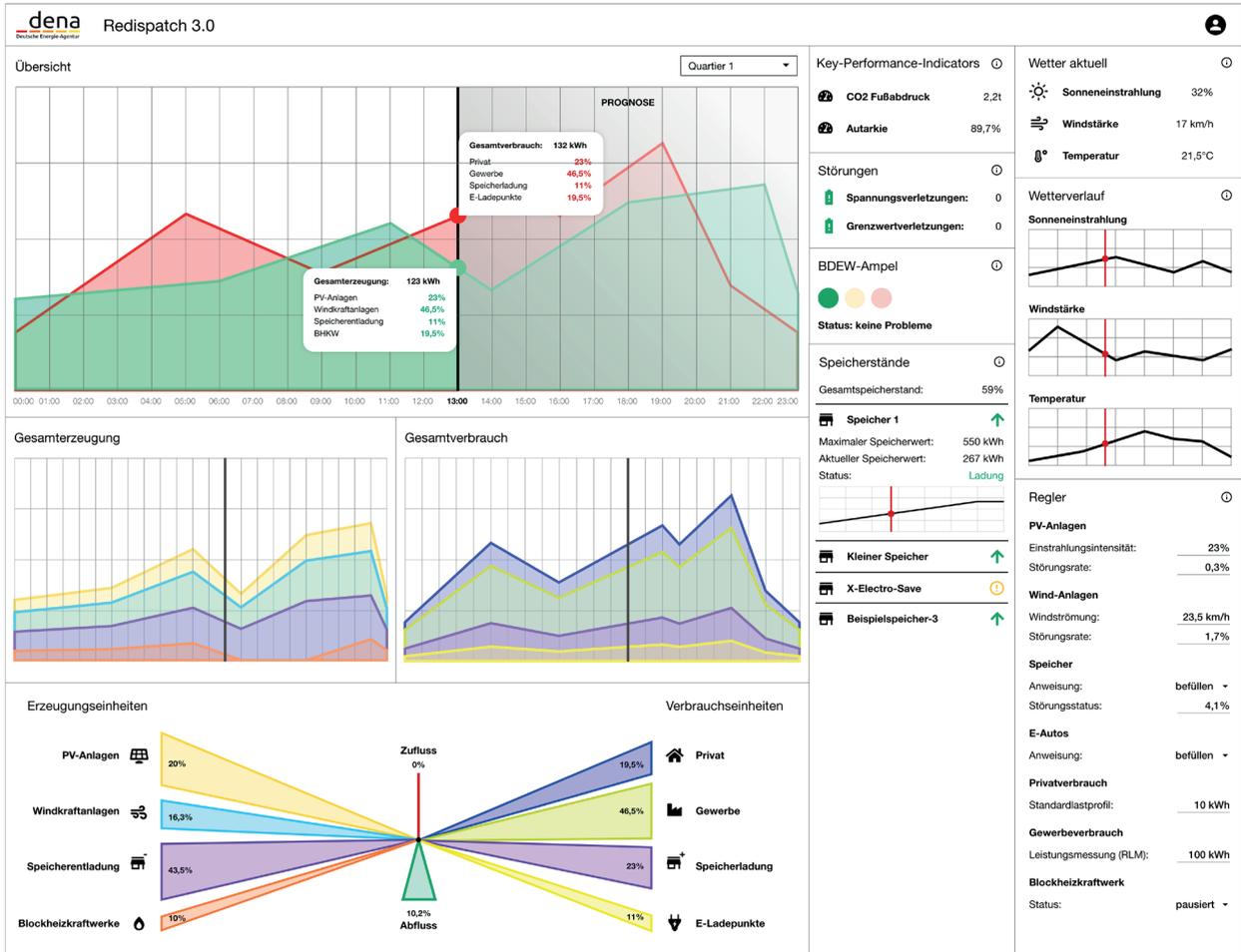


Abbildung 6: Exemplarischer Auszug des erstellten Dashboards für Redis-X. Hinweis: Die Daten wurden aus Datenschutzgründen verändert.



< Zurück zur Übersicht

test

Löschen

VERBRAUCHSEINHEITEN

ERZEUGUNGSEINHEITEN

SONSTIGES

Erzeuger (9 insgesamt)

Windanlagen

TurbVenta X3 DENA-ID: XD56723942
Teil des Bürgerwindparks Musterstadt

Eigentümer: Musterstadt Betrieb
Koordinaten: -77.0364,38.8951

Netzbetreiber: Windliefer GmbH
max: 123kW/MW

Geschäftsmodell: -
Wirkungsgrad: 16.5%

TurbVenta X6 DENA-ID: XD1374835
Teil des Bürgerwindparks Musterstadt

Eigentümer: Musterstadt Betrieb
Koordinaten: -76.0264,38.7651

Netzbetreiber: Windliefer GmbH
max: 101kW/MW

Geschäftsmodell: -
Wirkungsgrad: 15.7%

Neue Windanlage hinzufügen

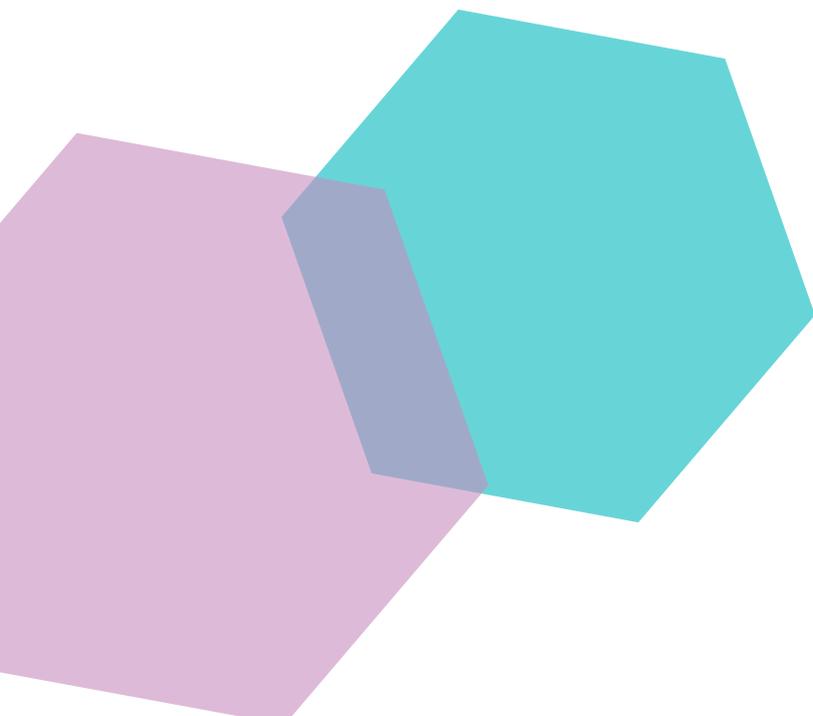
+ Hinzufügen

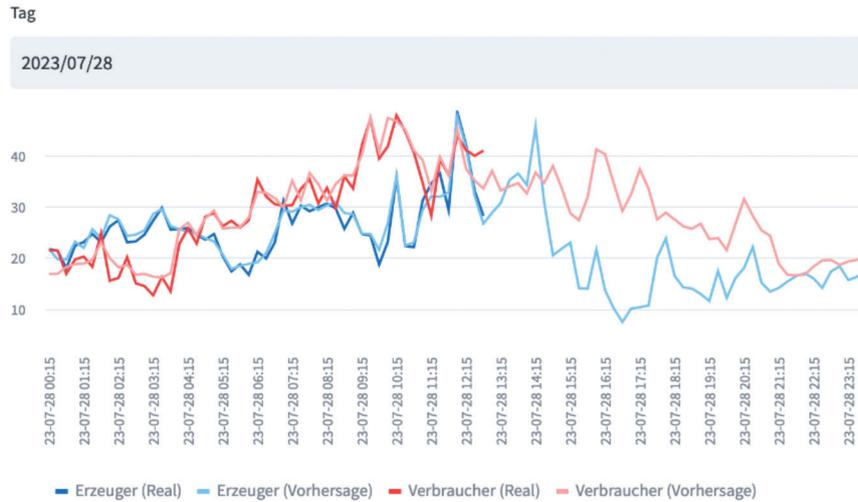
Name	Beschreibung	Eigentümer	Netzbetreiber
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
DENA-ID	Latitude	Longitude	max: kW/MW
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
			Wirkungsgrad Wechselrichter
			<input type="text"/>
			Geschäftsmodell der Anlage
			<input type="text"/>

BHKWs

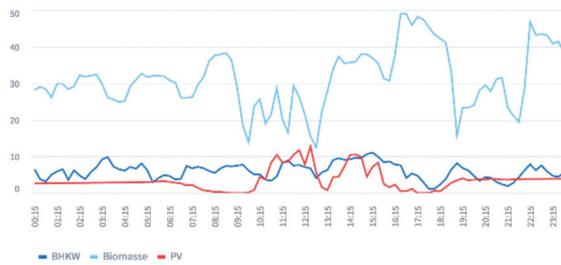
Biogasanlagen

Abbildung 7: Exemplarischer Auszug aus den für die dena erstellten Dashboards – Informationen zu Erzeugungseinheiten. Hinweis: Die Daten wurden aus Datenschutzgründen verändert.





Erzeuger Vorhersagen



Verbraucher Vorhersagen

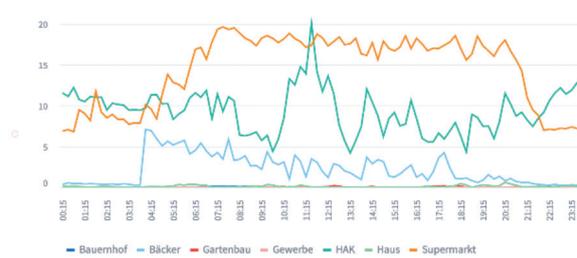


Abbildung 8: Exemplarischer Auszug aus den für die dena erstellten Dashboards – Prognose- und reale Lastgänge zu Erzeugungs- und Verbrauchseinheiten. Hinweis: Die Daten wurden aus Datenschutzgründen verändert und die Einheiten entfernt. (Quelle: eigene Darstellung Bonn Consulting)

Zusammenfassend reichen die Projektergebnisse vom Datenmodell als theoretischem Konstrukt über die schematische Darstellung des Energiedatenraums für den Show Case Redis-X, die technische Architektur und den Aufbau der Prediction Engine zur Datenaufbereitung bis hin zu einem funktionsfähigen Quartiersmanagementsystem inklusive Dashboards. Damit konnten im Projektverlauf sowohl technische als auch konzeptionelle Fragen zum Aufbau des Energiedatenraums und auch zur Umsetzung von Redis-X in den verschiedenen Phasen beantwortet werden.

Durch das angewandte agile Projektmanagement konnten in der kurzen Projektlaufzeit schnell konkrete Handlungsschritte für die Implementierung abgeleitet und gleichzeitig die Erkenntnisse und wichtigen Inputs, die sich aus der Durchführung der Workshops mit den Expertinnen und Experten und dem Austausch im Projektteam ergaben, im gesamten Projektverlauf berücksichtigt werden. Damit wurde die Grundlage geschaffen, die Referenzarchitektur für einen deutschen Energiedatenraum im Anschluss an dieses Projekt auf Basis weiterer Anforderungen und Erkenntnisse weiterzuentwickeln.

4. Erkenntnisse aus dem Projekt dena-ENDA zur Umsetzung eines Datenraums

Ziel des Future Energy Lab der dena ist es, als Pilotierungs- und Vernetzungslabor innovative digitale Ansätze für den Einsatz in der Energiewirtschaft zu erproben und einen Rahmen zu schaffen, in dem sich Unternehmen untereinander vernetzen können. Dabei sieht das Future Energy Lab eine schnelle Marktdurchdringung digitaler Technologien und Ansätze als entscheidend an, um die Energiewende zu beschleunigen und unsere Klimaschutzziele zu erreichen. Entsprechend werden Projekte daher häufig mit einer kurzen Laufzeit konzipiert. Diese Kurzzeitprojekte mit „Schnellboot-Charakter“ sind als agile und dynamische Innovationsprojekte zu verstehen. Das Bestreben dieser Projekte ist es, möglichst schnell Resultate zu erzielen und aus unterschiedlichen Projekterfahrungen und Projektansätzen agil zu lernen. Das Innovationsprojekt dena-ENDA möchte die gewonnenen Erkenntnisse entsprechend rasch zur Verfügung stellen und den Aufbau weiterer Energiedatenräume vorantreiben. Die aus dem Projekt gewonnenen Erkenntnisse lassen sich drei übergeordneten Themenfeldern zuordnen, auf die im Folgenden näher eingegangen wird:

I. Datenverfügbarkeit und -bereitstellung im Energiesektor

Die Verfügbarkeit und Bereitstellung von Daten durch die notwendigen Data Provider ist essenziell, um die Umsetzung eines (Energie-)Datenraums für den souveränen und selbstbestimmten Datenaustausch über Unternehmensgrenzen hinweg zu ermöglichen. Welche Daten im Datenraum bereitgestellt werden sollen, hängt dabei von den Anforderungen des Anwendungsfalls bzw. der Stakeholder ab. Ein **wesentliches Ergebnis des Projekts dena-ENDA** sind die erarbeiteten **Datenmodelle**, die für den Show Case Redis-X Aufschluss über die relevanten Datensätze inklusive Auflösung und Granularität sowie die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Datensätzen geben. Darüber hinaus wurden im Projekt die (technische) Referenzarchitektur des Energiedatenraums, **die Prediction Engine zur Datenaufbereitung sowie ein funktionsfähiges Quartiersmanagementsystem inklusive Dashboards** entwickelt. Dies ermöglicht die Visualisierung des Datenaustauschs, das heißt, wie Data Provider und Data Consumer in einem (Energie-)Datenraum zusammenarbeiten können. Die Integration der Data Provider in den Energiedatenraum und damit verbunden die Datenanbindung und Datenaufbereitung sind elementare Bausteine, um die Zusammenarbeit im Energiedatenraum zu ermöglichen. Die Herausforderung hierbei besteht darin, dass die Daten der verschiedenen Data Provider meist in unterschiedlicher Form vorliegen. Um die strukturierten, die semistrukturierten und insbesondere die unstrukturierten Daten aus unterschiedlichen Quellen als Rohdaten, das heißt in ihrer ursprünglichen Form, zu verarbeiten bzw. zu speichern, wurde in der technischen Architektur des Energiedatenraums der **Data Storage Layer inklusive Data Lake und Data Warehouse** implementiert (siehe Abbildung 4). Der Energiedatenraum ist damit so aufgebaut, dass sowohl inhomogene Daten als auch Daten aus unterschiedlichen Schnittstellen konsolidiert werden können.

Durch die Kooperation mit PSInsight und der NGN konnten bereits **Realweltdaten für die Umsetzung** der Referenzarchitektur genutzt werden. Allerdings ist hierbei zu erwähnen, dass die kooperierenden Unternehmen eine Vorreiterrolle bezüglich der Datenverfügbarkeit bzw. Fähigkeit zur Datenbereitstellung einnehmen. Daher muss davon ausgegangen werden, dass die generelle Datenverfügbarkeit vieler Data Provider noch nicht so weit fortgeschritten ist, um ähnliche Szenarien heute schon nachzustellen. Die übergreifenden Herausforderungen, die sich im Projektverlauf herausgestellt haben und die durch Gespräche mit verschiedenen Stakeholdern in Bezug auf die Datenverfügbarkeit und Datenbereitstellung identifiziert wurden, liefern wichtige Erkenntnisse für die weitere Umsetzung von Energiedatenräumen:

- 1. Fehlende Digitalisierung:** Insgesamt ist die Digitalisierung bei vielen Stakeholdern in Bezug auf die Datenbereitstellung noch nicht so weit umgesetzt, dass die Daten in der benötigten Granularität automatisiert zur Verfügung stehen.
- 2. Inhomogene Daten:** Die vorliegenden Daten sind oft (sehr) unstrukturiert und wenig standardisiert, was im Zuge der Datenaufbereitung zwingend Berücksichtigung finden muss. Es sollte angestrebt werden, Daten zukünftig direkt in standardisierter und interoperabler Form zu sammeln und von Beginn an für die mögliche Nutzung in Datenräumen bereitzustellen.
- 3. Fehlende Verantwortlichkeiten:** Der Austausch mit verschiedenen Stakeholdern hat offenbart, dass häufig noch keine definierten Ansprechpersonen für Datenmanagement und digitale Kollaboration im Unternehmen festgelegt wurden, was es – insbesondere kurzfristig – erschwert, einen Gesamtüberblick über die verfügbaren Daten zu erhalten. Die Unternehmen sind aktuell noch und auch nur teilweise dabei, Verantwortlichkeiten in Bezug auf die Verbesserung der Datenbereitstellung zu definieren.

„Die Datenverfügbarkeit ist nach wie vor eine der größten Herausforderungen, um Projekte und Initiativen im Sinne der Energiewende voranzutreiben. Das Projekt dena-ENDA zeigt dabei einmal mehr auf, dass die Digitalisierung als ein notwendiger Grundpfeiler für die Dekarbonisierung des Energiesystems gesehen werden muss.“

Dr. Marc-Fabian Körner,
Universität Bayreuth & Fraunhofer FIT

Aufgrund der Herausforderungen der eingeschränkten Datenverfügbarkeit standen auch im Projekt dena-ENDA trotz der Zusammenarbeit mit den Partnern nicht für alle Datensätze Realweltdaten zur Verfügung. Diese **fehlenden Daten** wurden jedoch **mit erprobten Verfahren simuliert** und zur Verifizierung mit anderen Datenmodellen abgeglichen. Damit liefert das Projekt einen großen Mehrwert dahingehend, dass –wenngleich auch nicht vollständig auf Realweltdaten beruhend – eine Datenbasis geschaffen wurde, um weitere Data Provider und Data Consumer einzubinden und den Aufbau eines Energiedatenraums weiter zu forcieren.

Angesichts der Schwierigkeit, während der Projektlaufzeit Data Provider für die Umsetzung des Energiedatenraums zu finden, hat das Projektteam relevante Ansatzpunkte abgeleitet. Diese Ansatzpunkte stellen auch mögliche Anreize dar, um die beschriebenen Herausforderungen der Datenverfügbarkeit und Datenbereitstellung zu adressieren:

- Die Umsetzung des Show Case Redis-X inklusive Datenmodell, technischer Architektur, Aufbau der Prediction Engine zur Datenaufbereitung und eines funktionsfähigen Quartiersmanagementsystems einschließlich Dashboards wurde in der kurzen Projektlaufzeit so weit wie möglich realisiert. Da aber insbesondere die Einbindung weiterer Data Provider entscheidend ist, um die Entwicklung fortzuführen, sind aus Sicht des Projektteams die vollständige Umsetzung und Implementierung der Federated Services und Konnektoren von Gaia-X ein weiterer elementarer Schritt. Dadurch könnte das Vertrauen sowohl auf der Seite der Data Provider als auch auf der Seite der Data Consumer weiter gestärkt werden.
- Neben der Stärkung des Vertrauens als konkretem Ansatzpunkt sieht das Projektteam Handlungsbedarf darin, die Notwendigkeit und den Mehrwert der Teilnahme an einem Energiedatenraum für die Stakeholder der Energiewirtschaft über alle Netzebenen und Rollen hinweg weiter herauszuarbeiten und darzustellen. Dieser Ansatzpunkt knüpft insbesondere an die Erarbeitung von Geschäftsmodellen an, die mögliche Erlösquellen und -größen für die jeweiligen Stakeholder aufzeigen (siehe Ansatzpunkte unter II. Aktives Stakeholder-Management und Einbindung von Interessengruppen).

II. Aktives Stakeholder-Management und Einbindung von Interessengruppen

Für die Umsetzung des (Energie-)Datenraums wurden verschiedene Interessengruppen (sogenannte Stakeholder) in jeweils spezifischer Form eingebunden. Dadurch konnte sichergestellt werden, dass unterschiedliche Perspektiven und relevante Rahmenbedingungen direkt für die Entwicklung des (Energie-)Datenraums im Projekt berücksichtigt wurden. Dies war

insbesondere für die konkrete Ausarbeitung und Implementierung relevant. In diesem Zusammenhang konnten die in das Projekt eingebundenen Expertinnen und Experten mit ihren Erfahrungen und ihrem Hintergrundwissen wertvolle Beiträge leisten.

„Gerade in der heterogenen deutschen Energielandschaft und konkret bei dem Use Case Redispatch 3.0 treffen viele unterschiedliche Interessengruppen aufeinander und befinden sich im Spannungsfeld unterschiedlicher Strukturen und Interessenlagen. Daher ist es wichtig, durch Kommunikation alle beteiligten Stakeholder einzubinden und den jeweiligen Nutzen der Teilnahme an einem Energiedatenraum für alle Seiten aufzuzeigen.“

Benedikt Pulvermüller,
Leiter Digitale Technologien,
Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Wie bereits in Kapitel 1 aufgezeigt, trägt der Aufbau eines Energiedatenraums dazu bei, die Zusammenarbeit unterschiedlicher Stakeholder der Energiewirtschaft im Allgemeinen und im Speziellen zwischen den Akteuren des Show Case Redis-X im Projekt dena-ENDA zu intensivieren: Bilanzkreisverantwortliche, Einsatzverantwortliche, Netzbetreiber, Lieferanten und Quartiersverantwortliche werden durch einen Energiedatenraum in die Lage versetzt, Daten souverän und selbstbestimmt über Unternehmensgrenzen hinweg hochfrequent auszutauschen (siehe Kapitel 2.2).

Allerdings steht dem theoretischen Mehrwert eines Energiedatenraums die praktische Umsetzung in den verschiedenen Unternehmen bzw. durch die unterschiedlichen Stakeholder gegenüber. So zeigten sich im Austausch mit den Expertinnen und Experten beispielsweise bei den Netzbetreibern unterschiedliche Perspektiven, die aufgrund verschiedener Zielsetzungen und Unternehmensstrukturen die Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses über den Nutzen eines Datenraums erschweren können.

„Energiedatenräume sind eine Möglichkeit, die zentralen Herausforderungen eines immer komplexeren Energiesystems beherrschbar zu machen, ohne kritische Infrastruktur von proprietären Lösungsanbietern abhängig zu machen. Dafür braucht es jetzt eine Allianz der Willigen, die wesentliche Interessengruppen des Energiesystems an einen Tisch bringt.“

Hanno Focken,
Projektleitung, ifok GmbH

Einerseits wird auf der Ebene der kommunalen Energieversorgungsunternehmen und einzelner Stadtwerke die Idee einer Beteiligung an einem Datenraum teilweise als relevant eingestuft, was das Interesse an einer zukünftigen Partizipation signalisiert. Andererseits offenbarte der Austausch mit verschiedenen Stakeholdern aber auch, dass eine kurzfristige und unmittelbare Bereitschaft zur aktiven Teilnahme derzeit häufig nur im Einzelfall besteht. Zu den Gründen, die sich aus diversen Gesprächen ableiten ließen, gehörte unter anderem die Notwendigkeit, zunächst Ressourcen bündeln zu müssen, um die Nutzung von Datenräumen voranzutreiben und umzusetzen bzw. deren Mehrwert für das eigene Unternehmen realisieren zu können. Hierzu zählen beispielsweise das Freigeben von Personalkapazitäten sowie die Aus- und Weiterbildung des Personals bis hin zur Einstellung von neuem Personal mit relevanten Daten- und IT-Kenntnissen. Außerdem muss in einigen Fällen die Infrastruktur zur Datenerfassung und -weitergabe in Datenräumen erst einmal auf- bzw. ausgebaut werden, um von der Teilnahme am Energiedatenraum tatsächlich profitieren zu können. Dabei besteht eine Herausforderung für ein Unternehmen bzw. eine Organisation darin, keinen konkreten Zeithorizont abschätzen zu können, wann mögliche Investitionen bzw. Vorleistungen zur Umsetzung von Datenräumen einen entsprechenden Mehrwert liefern werden. Der Aspekt der zeitlichen Planung ist insbesondere auch deshalb schwer abzuschätzen, weil ein Datenraum die Eigenschaften von öffentlichen Gütern aufweist: Ein Unternehmen bzw. eine Organisation allein kann die Implementierung nicht abschließen, es bedarf der Beteiligung vieler Stakeholder, damit ein Datenraum einen Mehrwert stiften kann. Unternehmen können mit ihren Investitionen jedoch strategisch abwarten und damit die Bildung des Datenraums gefährden. Damit haben die unterschiedlichen Akteure noch keine Kenntnisse darüber, wie schnell ein Mehrwert für das eigene Unternehmen bzw. die eigene Organisation durch eine Beteiligung am Energiedatenraum und die vorherige Bereitstellung der Ressourcen realisiert werden kann. Unternehmensverbände teilten dem Projektteam in Gesprächen mit, dass der Bedarf an digitaler Kollaboration in den Unternehmen bisher nur in Teilen nachvollzogen wird.

Ausgehend von den unterschiedlichen Sichtweisen und Prioritäten im Tagesgeschäft lässt sich daher folgende Erkenntnis aus dem Projekt ableiten: Sowohl für die Energiewirtschaft als auch für die Industrie, die die Komponenten zur Anbindung an einen Energiedatenraum und zur Datenbereitstellung herstellt, ist es essenziell, **den Nutzen des Aufbaus und der Teilnahme an einem Energiedatenraum klar zu identifizieren** und in allen Abteilungen im Sinne eines **aktiven Stakeholder-Managements** zu kommunizieren. Pilotprojekte wie das Projekt dena-ENDA, können in diesem Zusammenhang dabei helfen, die nächsten Schritte zur Umsetzung eines Datenraums greifbar zu machen und den **Mehrwert von Investitionen bzw. dem Einbringen von Ressourcen** schon jetzt aufzuzeigen.

In Bezug auf die verschiedenen Akteure treffen bei der Umsetzung von Redispatch 3.0 mithilfe eines Energiedatenraums auch unterschiedliche Perspektiven aufeinander. Ein Beispiel hierfür sind Netzbetreiber und Quartiersverantwortliche, die im Projektdena-ENDA die Rolle der Aggregatoren für den Quartierskontext einnehmen (siehe Kapitel 2.2). Vielfach wird argumentiert, dass die unterschiedliche Behandlung von Kostenarten in der Anreizregulierung für Netzbetreiber dazu führt, dass neuartige Lösungsoptionen zur Bereitstellung von Netzkapazität und zur Behebung von Engpässen benachteiligt werden könnten (Consentec GmbH und Frontier Economics Ltd. 2019)². Eine freiwillige Teilnahme der Akteure Netzbetreiber und Quartiersverantwortliche am Redispatch 3.0 ist dabei in der Regel nur dann erfolversprechend, wenn sich für beide ein unmittelbarer (finanzieller) Nutzen ergibt. Entscheidend für die Einbindung der verschiedenen Interessengruppen ist es daher, das Zielbild und den Mehrwert eines Datenraums für alle Beteiligten aufzuzeigen. Mögliche Handlungsempfehlungen für regulatorische Anpassungen zur Lösung dieser Herausforderung werden in Kapitel 5 aufgegriffen.

Das Projekt dena-ENDA konnte in diesem Zusammenhang bereits einen bedeutenden Beitrag zur Zusammenarbeit und zum Austausch der Stakeholder leisten: Bei der Zusammenstellung des Kreises der Expertinnen und Experten und der Ansprache der jeweiligen Kontakte wurde die Relevanz von Energiedatenräumen durch die vielen positiven Rückmeldungen und das geäußerte Interesse an digitaler Kollaboration bestätigt. Der Kreis an Expertinnen und Experten des Projekts umfasste sowohl Akteure aus dem Gaia-X/IDSA-Umfeld sowie aus Verbänden und Wissenschaft als auch aus Unternehmen der Energiewirtschaft (siehe Kreis an Expertinnen und Experten). Durch verschiedene Formate wie Workshops und die Präsentation von Zwischenständen im Projektverlauf brachten die Expertinnen und Experten ihre Erfahrungen und Branchenkenntnisse ein und gaben Feedback für das Projekt und die Umsetzung des Show Case Redis-X. Somit war das Projektteam in der Lage, diverse Sichtweisen zu berücksichtigen. Insbesondere bei der technischen Umsetzung des Show Case wurde das Feedback der Expertinnen und Experten berücksichtigt (siehe auch Erkenntnisse unter III. Ausarbeitung und Implementierung eines Show Case MVP: inhaltliche Tiefe und Grenzen des Projekts). Durch die aktive Kontaktaufnahme und die Organisation der verschiedenen Austauschformate sowie die Präsentation und Veröffentlichung von Zwischenergebnissen konnte bereits Aufmerksamkeit für die Umsetzung von Energiedatenräumen bei den verschiedenen Akteuren im Energiesektor geschaffen werden, wodurch die weitere Entwicklung und Ausarbeitung gefördert wurden. Darüber hinaus hat das Projekt dazu beigetragen, den **Austausch** und die **Vernetzung** untereinander **anzustoßen und zu stärken**. Mit der Veröffentlichung dieser Begleitstudie soll die **Sichtbarkeit des Projekts erhöht** und die Kollaboration entsprechend ausgebaut werden.

² An dieser Stelle muss ergänzt werden, dass für Redispatch 3.0 derzeit noch Umsetzungsvorschläge ausgearbeitet werden. Wie ein möglicher marktbasierter Mechanismus konkret aussehen soll, um einen finanziellen Anreiz zur Teilnahme zu schaffen, ist demnach noch in der Konzeptionsphase. Zudem verhindern aktuelle Regularien das vollständige Heben des (technisch) verfügbaren Flexibilitätspotenzials. Dennoch tut sich hier bereits einiges: So wurde im Juni 2023 die Regelung zu steuerbaren Verbrauchseinheiten (§ 14a EnWG) durch die Bundesnetzagentur deutlich überarbeitet und es wurden konkrete Vorschläge zur Reform der Netzentgelte für eine zeitliche Flexibilisierung der Stromnachfrage vorgestellt.

Um anknüpfend an das Projekt dena-ENDA die Vernetzung von Stakeholdern weiter zu stärken und zusätzliche Data Provider und Data Consumer für die Beteiligung an Projekten zu gewinnen, wurden folgende Ansatzpunkte als relevante nächste Schritte abgeleitet:

- Das Projektteam sieht die Erarbeitung von Geschäftsmodellen für die jeweiligen Stakeholder als elementaren nächsten Schritt an, damit der Mehrwert der Teilnahme an einem Energiedatenraum für die Stakeholder offensichtlich wird. Dies beinhaltet neben der Ermittlung der benötigten Ressourcen und der zugrunde liegenden Kostenstruktur auch die Erarbeitung potenzieller Erlösquellen und -größen. Denn der Austausch mit den Stakeholdern aus der Energiewirtschaft hat ergeben, dass der ökonomische Nutzen für die Energiewirtschaft noch nicht für alle ersichtlich ist und somit der initiale Aufwand in Relation zum langfristigen Nutzen nicht entsprechend eingeordnet werden kann.
- Ein weiterer notwendiger Ausbauschnitt ist die Einbindung zusätzlicher Data Provider und Data Consumer über die datenbereitstellenden Unternehmen im Projekt dena-ENDA hinaus. So kann neben dem Aufbau einer Referenzarchitektur für einen deutschen Energiedatenraum auch die operative Umsetzung der Datenübertragung über verschiedene Data Provider und Data Consumer hinweg getestet und verifiziert werden.
- In diesem Projekt wurde der Fokus auf ein einzelnes Netzgebiet gelegt, um die Datenverfügbarkeit und Operationalisierung des eigenen Netzgebiets für einen Netzbetreiber zu verbessern. Ein Ansatzpunkt für zukünftige Projekte wäre daher, die Umsetzung eines Energiedatenraums auf die Verknüpfung von Netzgebieten auszuweiten.

III. Ausarbeitung und Implementierung eines Show Case MVP: inhaltliche Tiefe und Grenzen des Projekts

Im Projekt dena-ENDA wurde ein Vorgehen gewählt, das anhand der Ausarbeitung eines konkreten Show Case klare Anforderungen ableitet und eine Referenzarchitektur für einen deutschen Energiedatenraum implementiert. Im Projektverlauf zeigte sich, dass das Projektteam durch dieses Vorgehen die Anforderungen an einen Energiedatenraum immer konkreter und detaillierter definieren und mit den Expertinnen und Experten im Sinne des Stakeholder-Managements evaluieren sowie eine ausreichende inhaltliche Tiefe für die Umsetzung gewährleisten konnte. Dabei lieferte jeder Projektschritt – über die Auswahl bis hin zur Ausarbeitung des Show Case – wertvolle Ergebnisse: Die Vorauswahl der Use Cases (siehe Kapitel 2.1) inklusive Nutzwertanalyse zeigte in einem ersten Schritt bereits auf, für welche Anwendungsfälle ein Energiedatenraum einen Mehrwert liefern kann und wo aktuell bestehende Herausforderungen und Hürden liegen. Nachdem für dieses Projekt der Use Case Redispatch 3.0 als Grundlage für den Show Case Redis-X festgelegt wurde, wurden Mini Use Cases erarbeitet, im Detail definiert und schließlich für

die Umsetzung im Projekt dena-ENDA berücksichtigt (siehe Kapitel 2.2). Die Auswahl spezifischer Mini Use Cases ermöglichte es, die einzelnen Rollen potenzieller Stakeholder im Detail zu diskutieren und darauf aufbauend Datenbedarfe und Zusammenhänge bzw. Abhängigkeiten abzuleiten. Dies schuf die notwendige Grundlage, um die technische Architektur, den Aufbau der Prediction Engine zur Datenaufbereitung sowie ein funktionsfähiges Quartiersmanagementsystem inklusive Dashboards für einen deutschen Energiedatenraum im Projekt zu entwickeln und neben inhaltlichen Spezifikationen auch die technischen Fragestellungen im Projektverlauf zu klären.

Die in Kapitel 3 beschriebene **Umsetzung des Show Case Redis-X** zeigt somit, wie der Aufbau eines Energiedatenraums und die Zusammenarbeit mit dessen Hilfe funktionieren können. Die Realisierung liefert ein **Minimum Viable Product (MVP)**. Das MVP ist in diesem Fall so definiert, dass erste Anforderungen an ein Produkt umgesetzt wurden, um möglichst schnell aus dem Feedback der Nutzerinnen und Nutzer zu lernen und damit Fehlentwicklungen, die nicht den Anforderungen der Stakeholder entsprechen, schnell und agil korrigieren zu können. Das MVP kann somit für potenzielle Data Provider und Data Consumer konkret aufzeigen, welche Rahmenbedingungen für die Teilnahme an einem Energiedatenraum gegeben sein müssen und welchen Mehrwert eine Beteiligung im Hinblick auf einen souveränen und selbstbestimmten Datenaustausch über Unternehmensgrenzen hinweg generieren kann. Darüber hinaus zeigen die Projektergebnisse, dass die Umsetzung eines Energiedatenraums technisch möglich ist.

Zwar hat der Projektverlauf gezeigt, dass die Umsetzung eines konkreten Show Case einige Herausforderungen mit sich bringt, wie beispielsweise die Suche nach geeigneten Partnern für die Datenbereitstellung. Dennoch sind die Ergebnisse und der Mehrwert des Vorgehens als sehr wertvoll zu bewerten:

- 1. Einbindung von Stakeholdern außerhalb des Kernprojektteams:** Durch diese Zusammenarbeit wurde die Umsetzung eines MVP erleichtert, da zum Beispiel Feedback und konkrete nächste Schritte im Detail besprochen werden konnten.
- 2. Betrachtung eines einzelnen Show Case:** Durch den Show Case Redis-X wurde dieser konkrete Anwendungsfall im Projektverlauf sehr detailliert durchleuchtet und entsprechende Fragen zur technischen Umsetzung konnten während des Projekts beantwortet werden.
- 3. Präsentation der Projektergebnisse:** Durch die Implementierung des Show Case sind die Projektergebnisse konkret und greifbar. Mithilfe der Präsentation dieser Ergebnisse konnte im Austausch mit den Expertinnen und Experten sowie weiteren Stakeholdern bereits während des Projekts Aufmerksamkeit erzeugt werden, um weitere zukunftsweisende Impulse für die Umsetzung von Energiedatenräumen zu geben und die Realisierung entsprechend zu beschleunigen.

Durch die Fokussierung auf die Entwicklung und Umsetzung eines konkreten (technischen) Show Case wurden im Projektteam folgende Ansatzpunkte für die Weiterentwicklung und Anschlussfähigkeit der Projektergebnisse abgeleitet:

- Das Projekt dena-ENDA war als Kurzzeitprojekt angelegt, um möglichst schnell Ergebnisse zu erzielen und einen konkreten Show Case umzusetzen. Ein möglicher nächster Schritt wäre beispielsweise eine weitere Abstimmung und Harmonisierung der Projektergebnisse mit denen anderer Projekte und Initiativen, zum Beispiel energy data-X oder Enershare.
- Die Ergebnisse des Projekts dena-ENDA basieren derzeit vor allem auf der Umsetzung der Enterprise-Architektur, das heißt, das Projekt hat sich darauf fokussiert, herauszuarbeiten, welche Informationen bei den einzelnen Stakeholdern vorhanden sind bzw. durch den Aufbau eines Datenraums verfügbar gemacht werden können: Zum einen lag der Fokus im Projekt darauf, durch den Aufbau der Referenzarchitektur Strukturen, Ressourcen und Informationen für den konkreten Show Case Redis-X bereitzustellen, um mögliche Entscheidungen, zum Beispiel über bestehende Flexibilitätsoptionen, treffen zu können. Zum anderen war das Ziel, Strukturen, Ressourcen und Informationen so bereitzustellen, dass die an einen Datenraum gestellten Anforderungen (Vertrauen, Datensouveränität und Datensicherheit sowie standardisierte Interoperabilität, siehe Kapitel 1.2) berücksichtigt werden. Somit können die Komplexität, die Informationssilos und die Geschäftsrisiken, beispielsweise in Bezug auf den Datenschutz, reduziert werden. Für die Anschlussfähigkeit und Weiterentwicklung wäre es ein konsequenter nächster Schritt, noch stärker die Perspektive der Business-Architektur einzunehmen. Dabei ist im Detail zu berücksichtigen, welche Entscheidungen die jeweiligen Stakeholder auf Basis der Informationen, die durch den Aufbau eines Datenraums zur Verfügung stehen, treffen können oder müssen bzw. welche Implikationen sich daraus ergeben können. In diesem Zuge wäre auch die Integration weiterer Use Cases, insbesondere im Hinblick auf die Entwicklung und Umsetzung von Geschäftsmodellen, ein spannender Anknüpfungspunkt.
- Im Projekt dena-ENDA wurde ein MVP entwickelt, das heißt, es wurden erste Anforderungen anhand des konkreten Show Case Redis-X umgesetzt. Damit konnten die Projektziele erreicht und wichtige Erkenntnisse für die Weiterentwicklung von Energiedatenräumen gewonnen werden. Allerdings sind noch weitere Schritte erforderlich, um eine Art Blaupause bzw. einen Prototyp für einen Energiedatenraum zu entwickeln (siehe insbesondere den Punkt zur vollständigen Umsetzung und Implementierung der Federated Services und Konnektoren von Gaia-X unter I. Datenverfügbarkeit und -bereitstellung im Energiesektor).

5. Handlungsempfehlungen für zukünftige Energiedatenräume

Insgesamt zeigt das Innovationsprojekt dena-ENDA, dass auch bei kurzer Laufzeit und mit kleinen Projektteams wichtige Erkenntnisse gewonnen und wichtige Beiträge zur Digitalisierung der Energiewende generiert werden können. Folgende sechs Handlungsempfehlungen lassen sich unmittelbar aus dena-ENDA ableiten:

■ **Handlungsempfehlung Nr. 1:
Konkretisierung und Festlegung der Daten-Governance
für den Aufbau von Datenräumen**

Zur **Gewährleistung der Datensicherheit und des Datenschutzes** ist es empfehlenswert, spezifische Ansätze für die Daten-Governance in Datenräumen zu definieren und zu erproben und Best Practices zu entwickeln. Ohne **klare Regeln für die Eigentumsrechte an Daten** ist beispielsweise ein fairer und zugleich wettbewerbsfähiger Datenaustausch nicht zu gewährleisten und damit die Entstehung eines Ökosystems um den Datenraum entsprechend unwahrscheinlich. Ebenso sind die **Aufbewahrungspflichten und Compliance-Regeln** für das entstehende Energiesystem von zentraler Bedeutung. Sie müssen auch bei einer hohen Frequenz des Datenaustauschs zwischen Millionen von Energieanlagen und Marktakteuren erfüllbar und durchsetzbar bleiben. Die Ausarbeitung von Ansätzen und Best Practices kann z. B. im Rahmen des Aufbaus des Dateninstituts und der verbundenen Use-Cases bzw. auch im Rahmen des Projekts energy data-X umgesetzt werden.

Darüber hinaus ist bei der weiteren Konkretisierung von Governance-Strukturen für Datenräume in der Energiewirtschaft zu klären, welche **Verantwortlichkeiten die verschiedenen Akteure** zu tragen haben. Derzeit besteht unter anderem noch Rechtsunsicherheit darüber, wer für die Korrektheit der Daten verantwortlich ist bzw. wer bei fehlerhaften Angaben haftet. Da das Messstellenbetriebsgesetz (MsbG) hierzu keine Regelungen enthält, ist auf das Zivilrecht und allgemeine zivilrechtliche Normen zurückzugreifen. Eine Einzelfallprüfung ist daher kritisch und birgt für die Akteure ein hohes Risiko, für Datenschutzverstöße haftbar gemacht zu werden (Deutsche Energie-Agentur (dena) 2022b). Das Daten-Governance-Gesetz als europaweite Rechtsgrundlage soll bereits dazu beitragen, mehr Vertrauen in den Datenaustausch zu schaffen, indem Mechanismen zur Datenverfügbarkeit etabliert und Herausforderungen bei der Weiterverwendung von Daten reduziert werden (siehe Kapitel 1.2). Auch der Austausch mit Datenraumprojekten anderer Sektoren ist notwendig, um Schnittstellen und Datenverarbeitung für unterschiedliche Anwendungsfälle zu definieren. Um diesen Austausch zu ermöglichen, eignet sich unter anderem das geplante Dateninstitut der Bundesregierung. Das Dateninstitut soll dazu beitragen, die sektorübergreifende Datenverfügbarkeit und Datennutzung zu fördern. Denn derzeit sind in Deutschland – nicht nur im Energiesektor (siehe Kapitel 4, I. Datenverfügbarkeit und -bereitstellung im Energiesektor) – hohe Hürden und Hemmnisse zu überwinden, um eine verbesserte Datenverfügbarkeit und

Datennutzung (qualitativ und quantitativ) zu erzielen (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz und Bundesministerium des Innern und für Heimat 14.10.2022).

„Fragen wie die Authentifizierung konnten im Projekt behandelt und prototypisch umgesetzt werden. Aufgrund der Bedeutung von Datenräumen für kritische Infrastrukturen müssen jedoch Fragen zu Sicherheitsaspekten und zum Dateneigentum in Folgeprojekten weiter beleuchtet und aufgearbeitet werden. Eine enge Zusammenarbeit mit dem Gesetzgeber und Regulatoren wird dabei erfolgsentscheidend sein.“

Jan Christian Redlich,
Chief Technology Officer (CTO), Bonn Consulting

■ **Handlungsempfehlung Nr. 2:
Forcierung des Rollouts intelligenter Messsysteme sowie
die digitale Modernisierung von Energiedatenregistern**

Der Anwendungsfall Redispatch 3.0 zeigt, dass Datenräume im Energiesektor eng an den **Rollout von intelligenten Messsystemen (iMSys)** – das heißt digitalen Zählern mit Kommunikationseinheit – gebunden sind. Erst durch dieses Element einer öffentlichen Energiedateninfrastruktur können dezentrale Anlagen sicher digital an einen Datenraum angebunden werden. Dies wiederum ist die Voraussetzung dafür, zukünftig hochaufgelöste Verbrauchs- und Erzeugungsdaten zwischen Millionen von Anlagen bzw. Marktakteuren austauschen zu können. Im Projektverlauf hat sich sowohl bei der Definition der Anforderungen für den Show Case Redis-X als auch bei der Umsetzung der Referenzarchitektur gezeigt, wie relevant neben den Bewegungsdaten auch die **Stammdaten der Anlagen** und Stakeholder sind (siehe Kapitel 2.2 sowie Abbildung 2). Denn erst ein digitales Identitätsmanagement verspricht, dass Anlagen selbstständig Datenpakete zum Beispiel an einen Datenraum senden bzw. freigeben können, die dann für alle Beteiligten eines Datenraums verifizierbar sind.

Für die Erfassung und Bereitstellung von Stammdaten existieren in Deutschland bereits verschiedene (öffentliche) Register, wie beispielsweise das Marktstammdatenregister (MaStR). Die Informationen aus diesen Registern bieten somit eine erste Grundlage für die Beschaffung von Stammdaten und wurden auch für dena-ENDA herangezogen. Darüber hinaus liegen verschiedene Stammdaten, beispielsweise zu Netzanschlüssen, dezentral und heterogen bei den jeweiligen Netzbetreibern vor. Um jedoch auch diese dezentral abgelegten Daten zu erfassen und die Daten effizient, dynamisch und skalierbar für den weiteren Ausbau von (Energie-)Datenräumen nutzen zu können, sollte zeitnah eine **durchgängige Digitalisierung der Energiedatenregister** angestrebt werden. Mit der konsequenten Digitalisierung der Register – das heißt inklusive **einer digitalen und automatisierten Anmeldung von Anlagen** – könnte insbesondere die Aktualisierung der Daten vereinfacht und der dynamische Wechsel

von Marktrollen effizient ermöglicht werden. Für eine systematische Datenintegration und -nutzung besteht somit noch eine deutliche digitale Lücke, die sich durch viele Bereiche des Energiesystems zieht (vgl. Strüker et al. 2021b).

Um den Rollout intelligenter Messsysteme zu forcieren, empfehlen wir ein engmaschiges Monitoring des Ausbaupfades durch das BMWK sowie eine konsequente Durchsetzung der festgelegten Ausbauziele durch die BNetzA. Für die digitale Modernisierung von Energieregistern sollten in Pilotprojekten Register wie z.B. das MaStR in neue Energiedatenräume mit eingebunden und durch digitale Identitäten ergänzt werden.

■ Handlungsempfehlung Nr. 3: Verknüpfung des Aufbaus von Energiedatenräumen und digitalen Anlagenregistern mit der Umsetzung von CO₂-Herkunftsnachweisen

Aktuell kommt die Bundesregierung mit dem Herkunftsnachweisregistergesetz (HkNRG) ihrer Umsetzungsverpflichtung aus Art. 19 der Richtlinie (EU) 2018/2001 (RED II) nach und entwickelt neue Herkunftsnachweisregister für Gas, Wasserstoff, Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien. Für Strom aus erneuerbaren Energien ist ein solches Register bereits im Einsatz. Es dokumentiert die Ausstellung, Übertragung und Entwertung von Herkunftsnachweisen und dient bisher vor allem der Transparenz und dem Verbraucherschutz. Allerdings sind die Register isoliert voneinander konzipiert, sodass zum Beispiel ein großer Elektrolyseur zukünftig jeweils getrennt einen Eintrag im Wasserstoffregister, im MaStR sowie im HkNRG erhalten würde. Eine digitale und damit einheitliche Registrierung beispielsweise über **imsys** ist jedoch technisch möglich (vgl. das Projekt BMIL des dena Future Energy Lab, Deutsche Energie-Agentur (dena) 2022b). Durch den über Datenräume realisierbaren Austausch von Erzeugungs- und Nutzungsdaten können in Verbindung mit digitalen Registern zur Speicherung von Anlagendaten (Stammdaten) schließlich Herkunftsnachweise **anlagen- und zeitgenau** in Echtzeit generiert und entwertet werden. So können Nachweisregister entscheidend weiterentwickelt werden, um Daten in verschiedenen Registern **synchronisiert bzw. integriert zu verarbeiten**. Hieraus ergeben sich weitreichende Handlungsspielräume in Form von neuen Differenzierungs- und Vermarktungsmöglichkeiten für Versorger, neuen Einnahmequellen für Erzeuger erneuerbarer Energien sowie zusätzlichen Nachweisoptionen für Energieverbräucher in Industrie, Mobilität und Gebäudewirtschaft. Daher sollte dringend ein Pilotprojekt zur Umsetzung von Herkunftsnachweisen mithilfe von Datenräumen angestrebt werden.

■ Handlungsempfehlung Nr. 4: Stärkung der Interoperabilität zwischen Datenräumen

Eine isolierte Betrachtung des Energiesektors ist für den Aufbau von Datenräumen – mit Blick auf die **Sichtbarkeit der Projektergebnisse** und die **Einbindung weiterer Expertise** im Bereich der Datenräume sowie im Sinne der **Sektorenkopplung** – nicht

zielführend. Aus diesem Grund wird die enge Anbindung an andere Datenräume empfohlen (siehe auch Kapitel 1.2). Für die im Projekt dena-ENDA eingenommene Quartiersperspektive könnte die Verknüpfung zum Beispiel mit dem Datenraum Mobilität dazu beitragen, Ladebedarfe im Quartier genauer zu prognostizieren und damit in die Flexibilitätsbereitstellung zu integrieren. Zum einen könnten die Daten aus dem vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) geförderten Mobility Data Space – mit beispielsweise Carsharing-Verfügbarkeiten oder Informationen zu verfügbaren Parkplätzen – einen Mehrwert für den Quartierskontext liefern (DRM Datenraum Mobilität GmbH 2023). Andererseits können Daten zum optimalen Ladeverhalten von Elektrofahrzeugen aus dem Projekt Catena-X, das sich mit der Transformation der Automobilwirtschaft im Sinne einer Verbesserung der Materialflüsse entlang der gesamten Lieferkette beschäftigt, dazu beitragen, die Ladezyklen hinsichtlich der Flexibilität so zu optimieren, dass die Lebensdauer der Batterien nicht beeinträchtigt wird (Catena-X Automotive Network e.V. 2023).

„Die Energiewende findet im Wesentlichen im Verteilnetz und damit auf der Ebene der Prosumer und Konsumenten statt! Aufgrund der Kleinteiligkeit und der Vielfachheit aller Energiebeiträge brauchen wir skalierbare und standardisierte (regulatorische) Lösungen, zum Beispiel zwischen Quartieren und Verteilnetzbetreibern sowie zwischen Quartieren und Markt, also eine Blaupause für Deutschland.“

Prof. Dr. Michael Laskowski,
innogence business consulting (ibc),
Pate der Gaia-X Energie-Domäne des deutschen Hubs

■ Handlungsempfehlung Nr. 5: Aufbau einer Datenökonomie

Das Projekt hat gezeigt, dass die Bereitschaft zur Teilnahme sowie die Bereitschaft für die Finanzierung von Datenräumen noch begrenzt sind. Um einen größeren Experimentierraum erfolgreich zu implementieren, sind daher Governance-Regelungen, Technologiestandards sowie die öffentliche Infrastruktur in Form des digitalen Messwesens und der Stammdatenregister digital weiterzuentwickeln. Erst dann erscheint die Entstehung einer Datenökonomie realistisch (vgl. dena-Studie „Die Datenökonomie in der Energiewirtschaft“ (2022a)), die durch den potenziellen Datenaustausch zwischen Millionen von Marktakteuren eine höhere **Netztransparenz**, mehr **Systemstabilität** sowie eine **erhöhte Markteffizienz** ermöglicht. Neben der **Verbesserung klassischer** und der **Etablierung neuer energie-wirtschaftlicher Prozesse** umfasst das Konzept einer Datenökonomie auch die **Generierung von Mehrwerten durch den Austausch bisher nicht geteilter Daten**: Diese reichen von Behördendaten (z. B. die sogenannten Schornsteinfegerdaten, die Informationen über die Leistungs- und Altersklassen von Öl- und Gaskesseln liefern) über Daten von Ablesediensten, Automobilherstellern (Fahrzeugdaten) und Gebäudeeigentümern

(z. B. Daten zum Sanierungszustand) bis hin zu Daten aus Haushalten (Energieverbrauchsdaten). Die kontrollierte Freigabe von Daten mittels Datenräumen soll neue Dienste ermöglichen, unter anderem um große Datenmengen für das Training von Modellen bereitzustellen oder generell die Ad-hoc-Nutzung von vernetzten Produkten wie virtuellen Kraftwerken oder intelligenten Haushaltsgeräten zu ermöglichen. Darüber hinaus bilden Datenräume die technische Basis für kontrollierte Datenzugriffe von öffentlichen Stellen auf den privaten Sektor, zum Beispiel in Ausnahmesituationen wie großflächigen Stromausfällen, Hochwasserlagen oder Waldbränden (siehe Kapitel 2.1, Use Case (3)).

■ Handlungsempfehlung Nr. 6: Anreizsetzung durch regulatorische Rahmenbedingungen

Auch regulatorische Rahmenbedingungen können die Umsetzung eines Datenraums bzw. die Beteiligung einzelner Stakeholder an einem Datenraum fördern. Entsprechende Anpassungen sollten dazu beitragen, konkrete Anreize für Stakeholder zur Teilnahme an einem Datenraum zu schaffen.

- 1. Anrechenbarkeit der Kosten für die Datenrauminfrastruktur auf die Netzentgelte:** Aufgrund der Tatsache, dass die Bereitschaft zur Teilnahme an einem Energiedatenraum und die Finanzierungsbereitschaft noch begrenzt sind, könnte eine finanzielle Entlastung, zum Beispiel eine Anrechnung der Kosten für die Datenrauminfrastruktur auf die Netzentgelte, dazu führen, die notwendigen Anreize zu schaffen, damit sich die verschiedenen Akteure zeitnah für eine Teilnahme bzw. Beteiligung am Aufbau von Datenräumen entscheiden.
- 2. Die aktuelle Marktkommunikation erfordert regelmäßige technische Anpassungen, was für kleine und mittlere Versorgungsunternehmen mit aufwendigen und zeitintensiven IT-Projekten einhergeht.** Eine Marktkommunikation über Datenräume verspricht eine mittelbare Entlastung von Versorgern. Für den Einstieg wird vorgeschlagen, Datenräume für nicht regulierte Prozesse beispielsweise in der Abrechnung, Planung oder Beschaffung einzuführen (et – Energiewirtschaftliche Tagesfragen 2023; vgl. auch dena-Studie „Digitale Marktkommunikation für das Energiesystem der Zukunft“ 2021).

Projektresümee

Insgesamt zeigt das Projekt dena-ENDA sehr konkret auf, wie ein Energiedatenraum umgesetzt werden kann. Es wird dabei nachvollziehbar, wie die steigende Anzahl von Anlagen und Akteuren im Zuge der Transformation des Energiesystems effizient koordiniert werden können, wenn erst einmal eine geeignete Basis für den Datenaustausch aufgebaut ist. Der sichere digitale Ende-zu-Ende-Austausch von Energiedaten erweist sich damit zunehmend als ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die notwendige Sektorenkopplung auf dem Weg zur Dekarbonisierung der Energiewirtschaft. Für den weiteren Aufbau von Datenräumen ist nun

- 1. die Datenverfügbarkeit im Energiesektor zu verbessern, damit die Daten in der benötigten Granularität automatisiert zur Verfügung stehen.**
- 2. Ebenso ist der Nutzen bzw. der Mehrwert von Energiedatenräumen für einzelne Stakeholder zu evaluieren und zu kommunizieren, um die notwendigen Data Provider für die Realisierung von Energiedatenräumen zu gewinnen und die Umsetzung weiter voranzutreiben.**

„Die schleppende Digitalisierung in der Energiewirtschaft spiegelt sich in der bislang mangelnden Systemintegration von Kleinsterzeugungsanlagen und der schlechten Verfügbarkeit von Daten der Verteil- und Übertragungsnetzbetreiber wider. Ein Zugriff auf Daten über den gesetzlich vorgeschriebenen Datenaustausch hinaus ist kaum möglich. Mithilfe von Datenräumen kann die digitale Vernetzung und Systemintegration entscheidend vorangebracht werden. Dies bietet einen großen Mehrwert für alle Stakeholder und ermöglicht neue Geschäftsmodelle.“

Benedikt Pulvermüller,
Leiter Digitale Technologien,
Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Projektkonsortium

ifok GmbH – Projektleitung

ifok ist seit über 25 Jahren als Gestalter komplexer Transformationen im Markt etabliert und aktuell mit seinen über 260 Beschäftigten an fünf Standorten in Deutschland sowie an einem Standort in Brüssel in verschiedenen Themenfeldern wie Energie oder Mobilität aktiv. Strategie- und Prozessberatung werden mit Kompetenzen des kollaborativen Arbeitens und der Gestaltung von Multi-Stakeholder-Prozessen kombiniert, um zügig und faktenbasiert Lösungen für die Energiewende zu erarbeiten. Diese werden wirksam der Öffentlichkeit auf allen Kanälen vermittelt. Zudem unterstützt ifok Kunden aus der Energiewirtschaft, insbesondere Netzbetreiber, bei der intraorganisatorischen Transformation, indem optimierte Konzepte für die Aufbau- und Ablauforganisation erarbeitet und implementiert werden.

Im Projekt dena-ENDA erfüllte ifok die Rolle der Projektleitung und Gesamtsteuerung und verantwortete somit das Erreichen der Projektziele. Der Ansatz in diesem Vorgehen war durch einen Wechsel zwischen klassischen und agilen Projektmanagementmethoden geprägt, der das kollaborative Arbeiten sowohl im Projektkonsortium als auch mit externen Stakeholdern unterstützte.

Bonn Consulting (BC)

Bonn Consulting (BC) ist ein führendes Unternehmen im Bereich IT- und Cybersicherheit mit einer besonderen Expertise in Künstlicher Intelligenz (KI) und Data Science. BC entwickelt maßgeschneiderte Lösungen für verschiedene Branchen, darunter Energie, Automotive, Agrarwirtschaft, Logistik und Banken sowie Bereiche der kritischen Infrastrukturen. Das interdisziplinäre Team der BC besteht aus erfahrenen Beraterinnen und Beratern, Entwicklerinnen und Entwicklern sowie Data Scientists mit Fokus auf modernster, skalierbarer Software-Entwicklung und KI. Das Team hat höchst erfolgreich anspruchsvolle Projekte umgesetzt, darunter die Entwicklung von Predictive-Analytics-Modellen und die eigenständige Erstellung von Heuristiken und Graphen hochkomplexer semantischer Modelle. Ein weiterer Schwerpunkt der BC liegt auf der Entwicklung von Datenräumen und digitalen Plattformen. Das Team der BC hat bereits eine führende Rolle bei der Pilotierung erster Datenraum-Anwendungsfälle eingenommen. BC unterstützt Unternehmen dabei, ihre Datenströme und -architekturen zu optimieren und ihre Geschäftsziele durch die effektive Nutzung von Daten und KI zu erreichen – all dies auf Basis faktenbasierter Entscheidungsmodelle.

Durch ihre umfangreiche Erfahrung in verschiedenen Branchen, ihre Expertise in KI und Data Science sowie die erfolgreiche Umsetzung von Projekten wie Catena-X hat die BC bewiesen, dass sie in der Lage ist, selbst hochanspruchsvolle und -komplexe Herausforderungen zu meistern. BC kombiniert technisches Know-how mit einer ganzheitlichen architektonischen Herangehensweise, um die beste Lösung unabhängig von Programmiersprachen, Tools und Herstellern zu finden. Mit dieser Expertise und Erfahrung hat BC im Projekt dena-ENDA die Entwicklung der Referenzarchitektur für den Energiedatenraum sowie die Umsetzung des Show Case Redis-X verantwortet und durchgeführt.

innogence business consulting (ibc)

innogence business consulting (ibc) ist eine kleine Beratungsgesellschaft, die sich intensiv mit den Herausforderungen der Energiewende auseinandersetzt. Dabei stehen insbesondere die Themenfelder um die technische Expertise im Energieumfeld mit dem Schwerpunkt der Übertragungs- und Verteilnetze im Fokus. Durch eine intensive Vernetzung in die Energie- und Verbändelandschaft führt ibc regelmäßige Beratungen sowohl bei Netzbetreibern direkt als auch im Auftrag von und in Kooperation mit anderen Beratungshäusern indirekt durch. Einen Schwerpunkt bilden dabei alle Themenfelder rund um die Digitalisierung der Energienetze und das Energiedatenmanagement. ibc besitzt aufgrund langjähriger Erfahrung des Managements im operativen sowie im Forschungs- und Entwicklungsumfeld eine sehr hohe technische Expertise in den genannten Themenfeldern. Ein besonderes Merkmal von ibc liegt in der frühzeitigen Diagnose zukünftiger wirtschaftlicher und technischer Herausforderungen in der Energieszene mit den damit verbundenen Lösungsangeboten auf der Basis neuer und innovativer Geschäftsmodelle für Energieversorgungsunternehmen und Energiedienstleister. Ein weiteres Standbein von ibc besteht in der Unternehmensbewertung und Management-Beratung von Energiedienstleistungsunternehmen zum Beispiel für Private-Equity-Unternehmen im Rahmen von Mergers & Acquisitions.

Der enge Kontakt zu Hochschulen und öffentlichen Forschungseinrichtungen ermöglicht die Einbindung von weiterem Know-how und zusätzlichen Ressourcen zur Bearbeitung von innovativen Aufgaben der Energiewende. Dabei arbeitet ibc gemeinsam mit den Hochschulen auch an öffentlichen Förderprojekten mit. Im Projekt dena-ENDA hat ibc sowohl die Themenschwerpunkte des Projekts und die Projektinhalte im Rahmen eines Lastenheftes als auch die Gewinnung geeigneter Kooperationspartner zur Beibringung notwendiger Netzdaten maßgeblich mitgestaltet.

Fraunhofer FIT

Der Institutsteil Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer FIT mit Standorten in Augsburg und Bayreuth bündelt die Abteilungen Digital Business und Information Systems Engineering. Inhaltlich zeichnet sich die Wirtschaftsinformatik am Fraunhofer FIT durch eine technoökonomische Perspektive auf Fragen der Digitalisierung mit einem starken betriebswirtschaftlichen Schwerpunkt aus. Die Ambition des Institutsteils ist es, Themen der Wirtschaftsinformatik inhaltlich wie methodisch umfassend abzudecken. Charakteristisch für die Arbeit ist die Fähigkeit, methodisches Know-how auf höchstem wissenschaftlichen Niveau mit einer kunden-, ziel- und lösungsorientierten Arbeitsweise zu verbinden. Die Grundsätze sind dabei Innovation, Interdisziplinarität und Nachhaltigkeit, wertorientierte Unternehmensführung sowie die Berücksichtigung der Herausforderungen und Chancen der Digitalisierung.

Eine Anwendungsdomäne des Institutsteils ist die Erforschung der Potenziale digitaler Technologien für die (Energie-)Wirtschaft. Dabei steht insbesondere die Frage im Mittelpunkt, welche Freiheitsgrade Informationstechnologien für eine echtzeitfähige Energiewirtschaft und einen effektiven Klimaschutz bieten. Die Ermöglichung eines souveränen und selbstbestimmten Datenaustauschs über Unternehmensgrenzen hinweg sowie die digitale Verifikation und damit die Erhöhung der Daten- und Informationsqualität sind dabei elementare Bestandteile verschiedener Forschungsprojekte. Im Projekt dena-ENDA hat der Institutsteil Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer FIT mit seiner Expertise die wissenschaftliche Begleitung des Gesamtprojekts übernommen und den Projektverlauf, die Ergebnisse sowie die Handlungsempfehlungen in der vorliegenden Studie zusammengefasst.

PSInsight GmbH

Die PSInsight GmbH begleitet seit 2015 Netzbetreiber und Unternehmen der Energieversorgung bei ihrer digitalen Transformation auf dem Weg zu mehr Effizienz und größerer Wertschöpfung. Zu den Kernkompetenzen zählen die praxisnahe Entwicklung von Digitalisierungssystemen unter anderem zur Echtzeitüberwachung von Energie- und Leistungsflüssen sowie deren physikalische Simulation und Analyse. An dieser Stelle hat PSInsight das Projektteam im Projekt dena-ENDA unterstützt.

Neben Security-by-Design und Datenhoheit ab der ersten Minute fokussieren die Lösungen von PSInsight den Einsatz dezentraler (Edge-)Einheiten, um die Energiewende in Verteilnetzen so wirtschaftlich wie möglich umzusetzen. Zentrale Software-Lösungen (On-Premise/Cloud) gehören ebenso zum Portfolio wie moderne Datenanalysen und die Anwendung Künstlicher Intelligenz in der Energiewirtschaft. Dies wird ergänzt durch ein Full-Service-Angebot, das PSInsight gemeinsam mit weiteren Partnerunternehmen der GridCal-Allianz ihren Kunden anbietet.

Das Projektteam bedankt sich herzlich bei der Netzgesellschaft Niederrhein (NGN - Teil der SWK Stadtwerke Krefeld AG) für die Zusammenarbeit. Gemeinsam mit PSInsight nimmt die NGN derzeit in Deutschland eine Vorreiterrolle bei der Digitalisierung von Messstellen im Verteilnetz ein und wirkt damit der nach wie vor schwierigen Datenlage entgegen.

Kreis an Expertinnen und Experten

Name	Organisation / Unternehmen
Mathias Boeswetter	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
Majlinda Caci	DEW21 - Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH
Steffen Hofer	TenneT TSO GmbH / energy data-X
Hilko Hoffmann	Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH / Energie-Domäne Gaia-X
Anke Hüneburg	ZVEI e.V. / Smart-Living-Domäne Gaia-X
Elie-Lukas Limbacher	DANEB Datennetze Berlin GmbH
Mercedes Pantoja	E.ON
Alexander Schießl	e.less Systems GmbH / Bitkom e.V.
Kevin Schwarz	DEW21 – Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH
Olaf Seemann	Innovationeers GmbH
Sebastian Steinbuss	International Data Spaces Association e.V.
Prof. Dr. Ingo Timm	Universität Trier
Mathias Uslar	FuE Bereich Energie, OFFIS e.V.
Andreas Weiss	eco Verband der Internetwirtschaft e.V.

Neben den hier namentlich genannten haben weitere Expertinnen und Experten das Projekt unterstützt. Das Projektteam bedankt sich bei allen Beteiligten für den konstruktiven Austausch.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Grundlegende Architektur des Datenraums nach den Standards der IDSA (eigene Darstellung der dena in Anlehnung an International Data Spaces e.V. (2023))	11
Abbildung 2:	Ausschnitt aus dem Datenmodell, fokussiert auf die Rolle des Quartiers	27
Abbildung 3:	Schematischer Aufbau des Energiedatenraums für den Show Case Redis-X	29
Abbildung 4:	Technische Architektur des dena-ENDA Energiedatenraums	30
Abbildung 5:	Redis-X Prediction Engine	31
Abbildung 6:	Exemplarischer Auszug des erstellten Dashboards für Redis-X. Hinweis: Die Daten wurden aus Datenschutzgründen verändert.	32
Abbildung 7:	Exemplarischer Auszug aus den für die dena erstellten Dashboards – Informationen zu Erzeugungseinheiten. Hinweis: Die Daten wurden aus Datenschutzgründen verändert.	33
Abbildung 8:	Exemplarischer Auszug aus den für die dena erstellten Dashboards – Prognose- und reale Lastgänge zu Erzeugungs- und Verbrauchseinheiten. Hinweis: Die Daten wurden aus Datenschutzgründen verändert und die Einheiten entfernt.	34

Literaturverzeichnis

Agora Energiewende (2014): Positive Effekte von Energieeffizienz auf den deutschen Stromsektor. Endbericht einer Studie von der Prognos AG und dem Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW). Online verfügbar unter <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/positive-effekte-von-energieeffizienz-auf-den-deutschen-stromsektor-1/>, zuletzt geprüft am 20.03.2023.

Agora Energiewende (2017): Energiewende und Dezentralität. Online verfügbar unter https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2016/Dezentralitaet/Agora_Dezentralitaet_WEB.pdf, zuletzt geprüft am 20.03.2023.

Babel, Matthias; Gramlich, Vincent; Guthmann, Claus; Schober, Marcus; Körner, Marc-Fabian; Strüker, Jens (2023): Vertrauen durch digitale Identifizierung: Über den Beitrag von SSI zur Integration von dezentralen Oracles in Informationssysteme. In: HMD 60 (2), S. 478–493. DOI: 10.1365/s40702-023-00955-3.

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2015): Smart Grids Ampelkonzept. Ausgestaltung der gelben Phase. Online verfügbar unter https://www.bdew.de/media/documents/20150310_Smart-Grids-Ampelkonzept.pdf, zuletzt geprüft am 20.03.2023.

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2020a): BDEW-Branchenlösung Redispatch 2.0. Datenaustausch-, Bilanzierungs- und Abrechnungsprozesse. Online verfügbar unter https://www.bdew.de/media/documents/Awh_2020-05-RD_2.0_Branchenl%C3%B6sung_Kerndokument.pdf, zuletzt geprüft am 20.03.2023.

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2020b): BDEW-Leitfaden zur Berechnung der Ausfallarbeit Redispatch 2.0. Online verfügbar unter https://www.bdew.de/media/documents/Awh_2020-05_RD_2.0_LF_Ausfallarbeit.pdf, zuletzt geprüft am 20.03.2023.

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2021): Rollenmodell für die Marktkommunikation im deutschen Energiemarkt. Arbeitsgrundlagen Marktkommunikation Version: 2.0. Online verfügbar unter https://www.bdew.de/media/documents/2021-03-25-AWH-Rollenmodell_Marktkommunikation_Version_2.0_p5Bik6C.pdf, zuletzt geprüft am 22.03.2023.

Berkhout, Volker; Frey, Carsten; Hertweck, Philipp; Nestle, David; Wickert, Manuel (2022): Energy Data Space. In: Designing Data Spaces. Cham: Springer International Publishing, S. 329–341.

Blumberg, Gerald; Schneller, Christian; Schuster, Henning; Ocker, Fabian; Ried, Sabrina; Stenglein, Jessica (2022): Redispatch 3.0: Regulatorischer Rahmen, Markt- und Produktdesign. Hrsg. v. TenneT TSO GmbH, TransnetBW GmbH. Online verfügbar unter https://www.transnetbw.de/_Resources/Persistent/c/4/6/9/c469f1b0ef6bae7e7bf7260b0b22bdcb29d83db0/221013_Bericht-Redispatch3.0-final1.pdf, zuletzt geprüft am 17.03.2023.

Buhl, Hans Ulrich; Gabrek, Nadine; Gerdes, Jan-Niklas; Kaymakci, Can; Rauland, Katrin; Richter, Fabian et al. (2021): Industrial Flexibility Options and their Applications in a Future Energy System. Online verfügbar unter <https://www.fim-rc.de/wp-content/uploads/2021/11/Whitepaper-INDUSTRIAL-FLEXIBILITY.pdf>, zuletzt geprüft am 07.06.2023.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2022a): Programmstruktur von Horizont 2020 – Horizont 2020. Online verfügbar unter <https://www.horizont2020.de/einstieg-programmstruktur.htm>, zuletzt geprüft am 17.12.2022.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2022b): Forschung für den Schutz Kritischer Infrastrukturen, 21.09.2022.

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2022): Digitalstrategie – Gemeinsam digitale Werte schöpfen. Online verfügbar unter <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/presse/063-digitalstrategie.pdf>, zuletzt geprüft am 17.12.2022.

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2023): Connecting Europe Facility 2 – Digital (CEF Digital). Online verfügbar unter <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/connecting-europe-facility-2-digital.html>, zuletzt geprüft am 17.03.2023.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022): Redispatch 3.0. BMWI. Online verfügbar unter <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Digitale-Welt/GAIA-X-Use-Cases/redispatch-30.html>, zuletzt geprüft am 17.03.2023.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023a): Der deutsche Gaia-X Hub. BMWI. Online verfügbar unter <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/gaia-x.html>, zuletzt geprüft am 17.12.2022.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023b): Infrastrukturdaten für neue Geschäftsmodelle. Online verfügbar unter <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Digitale-Welt/GAIA-X-Use-Cases/infrastrukturdaten-fuer-neue-geschaeftsmodelle.html>, zuletzt geprüft am 14.04.2023.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023c): System zur automatisierten Zertifizierung von erneuerbarer Energie und Verwaltung von Zertifikaten. Online verfügbar unter <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Digitale-Welt/GAIA-X-Use-Cases/green-energy-certification.html>, zuletzt geprüft am 14.04.2023.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz; Bundesministerium des Innern und für Heimat (14.10.2022): Startschuss für das Dateninstitut: Mitglieder der Gründungskommission berufen und Start der Stakeholder-Konsultation. Online verfügbar unter <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/10/20221014-startschuss-fur-das-dateninstitut.html>, zuletzt geprüft am 02.06.2023.

Bundesnetzagentur (2020): Quartalsbericht Netz- und Systemsicherheit – Gesamtes Jahr 2020. Online verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Berichte/2020/Quartalszahlen_Gesamtjahr_2020.pdf?__blob=publicationFile&v=3, zuletzt geprüft am 17.03.2023.

Bundesnetzagentur (2022a): Bericht zum Redispatch nach Artikel 13 Verordnung (EU) 2019/943. Entwicklungsstand, Maßnahmen und nächste Schritte. Online verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Engpassmanagement/RedispatchBericht2021.pdf?__blob=publicationFile&v=8, zuletzt geprüft am 16.03.2023.

Bundesnetzagentur (2022b): Bericht zum Zustand und Ausbau der Verteilernetze 2021. Online verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/NetzentwicklungUndSmartGrid/ZustandAusbauVerteilernetze2021.pdf?__blob=publicationFile&v=3#:~:text=Mit%20dem%20Bericht%20zum%20Zustand,Zeitpunkt%20g%C3%BCltigen%20%C2%A7%2014%20Abs., zuletzt geprüft am 20.03.2023.

Bundesnetzagentur (2022c): Monitoringbericht 2021. Online verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/Monitoringbericht_Energie2021.pdf?__blob=publicationFile&v=6, zuletzt geprüft am 20.03.2023.

Bundesnetzagentur (2023): Marktstammdatenregister. Online verfügbar unter <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/>, zuletzt geprüft am 14.03.2023.

Bundesverband WindEnergie (2015): Weiterentwicklung des Einspeise-Managements. Bewertung von Ansätzen. Online verfügbar unter https://www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/publikationen-oeffentlich/themen/02-technik-und-netze/01-netze/studie_weiterentwicklung_einspeisemanagement.pdf, zuletzt geprüft am 20.03.2023.

Bürgerdialog Stromnetz (2023): Energieerzeugung- und verbrauch. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. Online verfügbar unter <https://www.buergerdialog-stromnetz.de/wissenswertes/energieerzeugung-und-verbrauch/>, zuletzt geprüft am 20.03.2023.

Catena-X Automotive Network e.V. (2023): Warum Catena-X? Online verfügbar unter <https://catena-x.net/de/>, zuletzt geprüft am 30.06.2023.

Consentec GmbH; Frontier Economics Ltd. (2019): Gutachten zur regulatorischen Behandlung unterschiedlicher Kostenarten vor dem Hintergrund der ARegV-Novelle für Verteilernetzbetreiber. Untersuchung im Auftrag der Bundesnetzagentur. Online verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Netzentgelte/Anreizregulierung/Gutachten/Kostenarten.pdf?__blob=publicationFile&v=3, zuletzt geprüft am 02.06.2023.

Deutsche Energie-Agentur (dena) (2016): Beobachtbarkeit und Steuerbarkeit im Energiesystem. Handlungsbedarfsanalyse der dena-Plattform Systemdienstleistungen. Online verfügbar unter https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9184_Beobachtbarkeit_und_Steuerbarkeit_.pdf, zuletzt geprüft am 20.03.2023.

Deutsche Energie-Agentur (dena) (2021): Digitale Marktkommunikation für das Energiesystem der Zukunft. Gutachten der umlaut SE inkl. Einordnung der dena. Online verfügbar unter https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/dena_BR_Future_Energy_Lab_Gutachten_Digitale_Marktkommunikation_WEB.pdf, zuletzt geprüft am 20.03.2023.

Deutsche Energie-Agentur (dena) (2022a): Die Datenökonomie in der Energiewirtschaft: Eine Analyse der Ausgangslage und Wege in die Zukunft der Energiewirtschaft durch die Datenökonomie. Online verfügbar unter https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2022/ANALYSE_Die_Datenoekonomie_in_der_Energiewirtschaft.pdf, zuletzt geprüft am 02.06.2023.

Deutsche Energie-Agentur (dena) (2022b): Digitale Maschinen-Identitäten als Grundbaustein für ein automatisiertes Energiesystem. Aufbau eines Identitätsregisters auf Basis der Blockchain-Technologie (Pilot: Blockchain Machine Identity Ledger). Online verfügbar unter <https://www.dena.de/newsroom/publikationsdetailansicht/pub/bericht-digitale-maschinen-identitaeten-als-grundbaustein-fuer-ein-automatisiertes-energiesystem/>, zuletzt geprüft am 14.03.2023.

Deutsche Energie-Agentur (dena) (2023): Das dezentralisierte Energiesystem im Jahr 2030. Online verfügbar unter https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/231130_dena_Das_dezentralisierte_Energiesystem_im_Jahr_2030_WEB.pdf, zuletzt geprüft am 07.12.2023.

Deutscher Bundestag (2023): Bericht des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung (18. Ausschuss) gemäß § 56a der Geschäftsordnung.

DRM Datenraum Mobilität GmbH (2023): Mobility Data Space: Datenraum für die Mobilität von Morgen. Online verfügbar unter <https://mobility-dataspace.eu/de>, zuletzt geprüft am 02.06.2023.

Enershare (2023): The Energy Data Space for Europe. Online verfügbar unter <https://enershare.eu/>, zuletzt geprüft am 04.07.2023.

et – Energiewirtschaftliche Tagesfragen (2023): Marktkommunikation über Gaia-X: Einfacher und günstiger. Online verfügbar unter <https://www.energie.de/et/news-detailansicht/nsctrl/detail/News/marktkommunikation-ueber-gaia-x-einfacher-und-guenstiger>, zuletzt geprüft am 21.07.2023.

Europäische Kommission (2020): Eine europäische Datenstrategie. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0066&from=EN>, zuletzt geprüft am 17.03.2023.

Europäische Kommission (2022a): Arbeitsunterlage der Kommissionsdienststellen zu Datenräumen. Online verfügbar unter <https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/library/staff-working-document-data-spaces>, zuletzt geprüft am 17.03.2023.

Europäische Kommission (2022b): Shaping consumer-inclusive data pathways towards the eNERgy transition, through a reference Energy data Space implementation. Projektbeschreibung. Online verfügbar unter <https://cordis.europa.eu/project/id/101069839/de>, zuletzt geprüft am 15.03.2023.

European Commission (2022a): Data Act. Online verfügbar unter <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/data-act>, zuletzt geprüft am 28.06.2023.

European Commission (2022b): Data Act: measures for a fair and innovative data economy. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_1113, zuletzt geprüft am 28.06.2023.

European Commission (2022c): European Data Governance Act. Online verfügbar unter <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/data-governance-act>, zuletzt geprüft am 28.06.2023.

Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST (2022): International Data Spaces. Online verfügbar unter <https://www.dataspaces.fraunhofer.de/de/InternationalDataSpaces.html>, zuletzt geprüft am 10.05.2022.

Fraunhofer IOSB-AST; Fraunhofer IESE; Fraunhofer FIT; Fraunhofer IEG; Fraunhofer IWU; Fraunhofer UMSICHT (2023): Whitepaper: ODH@X – Datenraum für klimaneutrale Quartiere. ODH Open District Hub e.V. Berlin. Online verfügbar unter https://opendistricthub.de/wp-content/uploads/2023/07/30-06-2023-Whitepaper_ODH@X_Finale_Version.pdf, zuletzt geprüft am 12.07.2023.

Green Data Hub (2023): Linking Green Data Spaces (LiGDS). Online verfügbar unter <https://www.greendatahub.at/ligds/?lang=en>, zuletzt geprüft am 04.07.2023.

Heffron, Raphael; Körner, Marc-Fabian; Wagner, Jonathan; Weibelzahl, Martin; Fridgen, Gilbert (2020): Industrial demand-side flexibility: A key element of a just energy transition and industrial development. In: Applied Energy 269, 115026. DOI: 10.1016/j.apenergy.2020.115026.

International Data Spaces e. V. (2023): Data Spaces – Where the future of data happens. Online verfügbar unter: <https://international-dataspaces.org/why/data-spaces/>, zuletzt geprüft am 09.11.2023

Interoperability Network for the Energy Transition (int:net) (2023): Developing, testing and deploying interoperable energy services to further pave the path for a carbon free European society in 2050. Online verfügbar unter <https://intnet.eu/>, zuletzt geprüft am 04.07.2023.

Kraftfahrt-Bundesamt (2023): Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2023. Online verfügbar unter https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Fahrzeugbestand/2023/pm08_fz_bestand_pm_komplett.html?snn=3662144, zuletzt geprüft am 16.03.2023.

Munzel, Benjamin; Reiser, Marco; Steinbacher, Karoline (2022): Flexibilitätspotenziale und Sektorkopplung. Synthesebericht 1 des SINTEG Förderprogramms. Studie im Auftrag des BMWK. Berlin.

OMEGA-X (2022): Orchestrating an interoperable sovereign federated Multi-vector Energy data space built on open standards and ready for GAia-X. Online verfügbar unter <https://omega-x.eu/>, zuletzt geprüft am 15.03.2023.

Otto, Boris (2022): The Evolution of Data Spaces. In: Designing Data Spaces. Cham: Springer International Publishing, S. 3–15.

Pettenpohl, Heinrich; Spiekermann, Markus; Both, Jan Ruben (2022): International Data Spaces in a Nutshell. In: Otto, Boris; ten Hompel, Michael; Wrobel, Stefan (Hrsg): Designing Data Spaces. Cham: Springer International Publishing, S. 29–40.

Rudel, Steffi; Lechner, Ulrike (2018): IT-Sicherheit für Kritische Infrastrukturen – State of the Art. Ergebnisse des Förderschwerpunkts IT-Sicherheit für Kritische Infrastrukturen ITS|KRITIS des BMBF. Online verfügbar unter https://www.itskritis.de/_uploads/user/IT-Sicherheit%20Kritische%20Infrastrukturen%e2%80%93screen.pdf, zuletzt geprüft am 20.03.2023.

Schellinger, Benjamin; Sedlmeier, Johannes; Willburger, Lukas; Strüker, Jens; Urbach, Nils (2022): Mythbusting Self-Sovereign Identity (SSI). Diskussionspapier zu selbstbestimmten digitalen Identitäten. Hrsg. v. Projektgruppe Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Informationstechnik FIT, Bayreuth.

Staatsministerium Baden-Württemberg (2022): Digitales Lagebild hilft bei Krisenbewältigung. Online verfügbar unter <https://stm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/digitales-lagebild-hilft-bei-krisenbewaeltigung>, zuletzt geprüft am 14.04.2023.

Steinbuss, Sebastian (2019): IDS Reference Architecture Model. Hrsg. v. International Data Spaces Association. Online verfügbar unter <https://internationaldataspaces.org/wp-content/uploads/IDS-Reference-Architecture-Model-3.0-2019.pdf>, zuletzt geprüft am 17.03.2023.

Strüker, Jens; Körner, Marc-Fabian; Leinauer, Christina (2021a): Toward net 0: Digital CO₂ proofs for the sustainable transformation of the European economy. Hrsg. v. Energy and Climate Policy and Innovation Council e.V. (EPICO Klimainnovation).

Strüker, Jens; Weibelzahl, Martin; Körner, Marc-Fabian; Kießling, Axel; Franke-Sluijk, Ariette; Hermann, Mike (2021b): Dekarbonisierung durch Digitalisierung: Thesen zur Transformation der Energiewirtschaft. Online verfügbar unter https://www.fim-rc.de/wp-content/uploads/2021/07/Thesenpapier_Dekarbonisierung_Digitalisierung.pdf, zuletzt geprüft am 17.03.2023.

Abkürzungen

API Application Programming Interface (Programmierschnittstelle)

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.

BMDV Bundesministerium für Digitales und Verkehr

BMIL Blockchain Machine Identity Ledger (Projekt „Digitale Maschinen-Identitäten als Grundbaustein für ein automatisiertes Energiesystem (BMIL)“ des Future Energy Lab der dena)

BMWK Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

BSI Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik

DLT Distributed Ledger Technology

DSGVO Datenschutz-Grundverordnung

ENDA Energy Data Space (Energiedatenraum)

EnWG Energiewirtschaftsgesetz

HkNRG Herkunftsnachweisregistergesetz

IAM Identity and Access Management (Identitäts- und Zugriffsmanagement)

IDSA International Data Spaces Association

IKT Informations- und Kommunikationstechnologie

iMSys Intelligente Messsysteme

KI Künstliche Intelligenz

KRITIS Kritische Infrastrukturen

MaBiS Marktregeln für die Durchführung der Bilanzkreisabrechnung Strom

MaStR Marktstammdatenregister

MsbG Messstellenbetriebsgesetz

MVP Minimum Viable Product

SSI Self-Sovereign Identities

SSOT Single Source of Truth

VM Virtuelle Maschine

Glossar

Begriff	Definition
Aggregatoren	Aggregatoren werden als die Rolle verstanden, die mehrere einzelne Einheiten, zum Beispiel Verbrauchseinheiten, wie (Wohn-)Gebäude mit einzelnen Haushalten oder Unternehmen, und Erzeugungseinheiten, wie zum Beispiel Photovoltaik-Anlagen auf Hausdächern, aggregiert betrachtet und steuert. Die sich aus der aggregierten Betrachtung ergebende Flexibilität wird von Aggregatoren gebündelt und an die nächste Ebene, beispielsweise Netzbetreiber, weitergegeben.
Bewegungsdaten	Bewegungsdaten weisen einen hohen Datendurchsatz auf, da sie die zeitliche Veränderung von Zuständen darstellen und somit kontinuierlich aktualisiert werden. Die Bedeutung von Bewegungsdaten für das Energiesystem nimmt insbesondere durch die Volatilität der erneuerbaren Energien, die steigende Anzahl von Elektrofahrzeugen und die Zunahme steuerbarer Lasten weiter zu.
Bilanzkreisverantwortliche	Bilanzkreisverantwortliche sind für einen Bilanzkreis verantwortlich. Sie sind für den energetischen Ausgleich innerhalb des Bilanzkreises zuständig. Ein Bilanzkreis ist ein virtuelles Energiemengenkonto, über das die Bilanzkreisverantwortlichen alle Ein- und Auspeisemengen saldieren. Die Bilanzkreisverantwortlichen tragen auch die finanzielle Verantwortung für eventuelle Abweichungen von den gemeldeten Prognosen. Sie sind somit auch für die Bilanzkreisabrechnung und den finanziellen Ausgleich zwischen den Bilanzkreisverantwortlichen für die zu viel oder zu wenig gelieferte Energie zuständig.
Data Consumer	Als Data Consumer (Datennutzer) werden Anlagen oder Akteure bezeichnet, die mithilfe des Datenraums Daten oder aufbereitete Informationen zur Verfügung gestellt bekommen. Die ausgetauschten Daten dürfen dabei nur gemäß den vereinbarten Nutzungsrichtlinien verwendet werden (Datensouveränität).
Data Provider	Als Data Provider (Datenbereitsteller) werden Akteure oder Anlagen bezeichnet, die über relevante Daten verfügen und diese im Datenraum bereitstellen. Data Provider können auch gleichzeitig Data Consumer sein (und vice versa).
Datenraum	Mithilfe von Datenräumen wird ein souveräner und selbstbestimmter Datenaustausch über Unternehmensgrenzen hinweg ermöglicht. Um Datensicherheit, Datensouveränität, Interoperabilität, Portabilität und Vertrauen zwischen den Beteiligten zu gewährleisten, werden bestehende Standards, Technologien und Governance-Modelle der Datenwirtschaft genutzt.
Einsatzverantwortliche	Einsatzverantwortliche übernehmen die Rolle der Einsatzverantwortung für eine einzelne technische Ressource. Bei einer technischen Ressource handelt es sich um eine Anlage, die elektrische Energie erzeugt, speichert oder verbraucht. Die Übermittlung der Anlagendaten und des Anlagenfahrplans gehört zu den Hauptaufgaben der Einsatzverantwortlichen. Es ist nicht zwingend erforderlich, dass die Einsatzverantwortlichen gleichzeitig Eigentümer oder Betreiber der Anlage sind.
Energy Communities	Die Idee von Energy Communities ist es, dass sich mehrere regionale Stromverbraucher (z. B. Bürgerinnen und Bürger sowie Kommunen und Kleinstunternehmen) zusammenschließen, eigene Anlagen erneuerbarer Energien betreiben und die erzeugte Energie direkt selbst verbrauchen. Für den Aufbau von Energy Communities ist der räumliche Zusammenhang entscheidend.

Konnektoren	Konnektoren fungieren als technische Schnittstelle zwischen Data Providern bzw. Data Consumern und dem Datenraum. Data Provider können ihre Daten über die Konnektoren bereitstellen und Data Consumer erhalten die Informationen über die Konnektoren. Um unbefugte Zugriffe zu verhindern und eine sichere Nutzung des Datenraums zu ermöglichen, können über die Konnektoren auch Identitätsinformationen zu den Akteuren eines Energiedatenraums bereitgestellt werden.
Kritische Infrastrukturen (KRITIS)	Als kritische Infrastrukturen (KRITIS) werden Einrichtungen und Organisationen bezeichnet, die wichtig für das staatliche Gemeinwesen sind. Darunter fallen beispielsweise die Sektoren Energie und Gesundheit. Der Ausfall kritischer Infrastrukturen kann unter anderem Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit und volkswirtschaftliche Schäden zur Folge haben. Deshalb gilt es kritische Infrastrukturen inklusive der generierten Daten zu schützen.
Lieferanten	Lieferanten sind je nach Verbrauch oder Erzeugung sowohl für die Lieferung als auch für die Abnahme von Energie von Marktlokationen verantwortlich. Auch der finanzielle Ausgleich zwischen den bilanzierten und den gemessenen Energiemengen der nach Standardlastprofil bilanzierten Marktlokationen fällt in ihren Verantwortungsbereich.
Netzbetreiber	Die Netzbetreiber tragen die Verantwortung für den sicheren Netzbetrieb. Dabei wird zwischen den Betreibern von Übertragungs- und Verteilnetzen unterschieden.
Prosumer	Als Prosumer werden in der Energiewirtschaft Akteure oder Anlagen bezeichnet, die sowohl als Erzeugungs- wie auch als Verbrauchseinheit agieren können.
Quartiersverantwortliche	Quartiersverantwortliche nehmen die Rolle eines Aggregators in einem Quartier ein. Unter einem Quartier werden im Rahmen des Projekts räumlich nahe beieinanderliegende Verbrauchs- und Erzeugungseinheiten verstanden, die aggregiert betrachtet werden bzw. betrachtet werden können. Häufig werden mehrere Straßenzüge mit (Wohn-)Gebäuden zusammengefasst als Quartier beschrieben. Quartiersverantwortliche haben dann zum einen die Aufgabe, die Verbrauchs- und Erzeugungseinheiten im Quartier abzubilden und zu pflegen sowie bei Bedarf mit den Betreibern der Anlagen zu interagieren. Zum anderen streben Quartiersverantwortliche den Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch im Quartier selbst durch die Nutzung vorhandener Flexibilitäten an und prognostizieren, wie viel Flexibilität das Quartier potenziell für den Ausgleich auf der nächsthöheren Ebene zur Verfügung stellen kann.
Redispatch	Unter Redispatch wird die Anpassung des Kraftwerkseinsatzes durch die Netzbetreiber verstanden, um Netzengpässe zu vermeiden. Dafür werden die Erzeugungseinheiten vor dem Engpass heruntergefahren und die Erzeugungseinheiten hinter dem Engpass hochgefahren. Die Anlagen, die dafür herunter- bzw. hochgefahren werden, weisen eine Leistung von 10 MW oder größer auf.
Redispatch 2.0	Mit dem Inkrafttreten von Redispatch 2.0 im Oktober 2021 werden auch Erzeugungsanlagen sowie Speicher ab 100 kW für Redispatch-Maßnahmen herangezogen und die Verteilnetzbetreiber sind verpflichtet, am Redispatch teilzunehmen. In der Durchführung werden zuerst konventionelle Anlagen abgeregelt, bevor Erneuerbare-Energien-Anlagen hinzugezogen werden. Mit dieser Anpassung sollen Netzentgelte gesenkt und die Gesamtkosten aus dem konventionellen Redispatch und dem Einspeisemanagement optimiert werden.
Redispatch 3.0	Um zukünftig auch die Flexibilitätspotenziale von (Kleinst-)Anlagen (< 100 kW) wie beispielsweise von Elektrofahrzeugen zur Vermeidung von Netzengpässen berücksichtigen zu können, wird der Ansatz von Redispatch 3.0 aktuell viel diskutiert und es werden verschiedene Konzepte zur Umsetzung ausgearbeitet.

Sektorenkopplung	Unter Sektorenkopplung wird das Zusammenspiel der verschiedenen Sektoren des Energiesystems verstanden. Denn nur wenn die verschiedenen Sektoren (Strom, Wärme und Mobilität) integriert betrachtet werden, kann der Strom aus erneuerbaren Energien optimal genutzt werden. Um den Strom in andere Sektoren zu übertragen, werden Power-to-X-Technologien eingesetzt.
Stammdaten	Als Stammdaten werden im Energiekontext Daten bezeichnet, die zum Beispiel Anlagen oder Marktrollen beschreiben. Diese Daten werden initial, das heißt bei der Registrierung von Anlagen und Marktrollen, erfasst und ändern sich in der Regel im Laufe der Zeit nicht. Stammdaten bilden häufig die Grundlage für verschiedene Marktprozesse in der Energiewirtschaft. Daher sind die Vollständigkeit und Richtigkeit der Stammdaten für die Marktkommunikation unerlässlich.
Übertragungsnetzbetreiber	Übertragungsnetzbetreiber sind für die Übertragungsnetze, also die Höchstspannungsleitungen, zuständig. Sie sorgen für die Sicherheit und Stabilität des Netzes innerhalb einer Regelzone. Die vier Regelzonen in Deutschland werden von den vier Übertragungsnetzbetreibern 50Hertz, Amprion, TenneT und TransnetBW verwaltet.
Verteilnetzbetreiber	Verteilnetzbetreiber sind für die Nieder-, Mittel- und Hochspannungsnetze zuständig. Sie sind verantwortlich für den Transport und die Verteilung von Strom oder Gas sowie für den Betrieb, die Wartung und den Ausbau des eigenen Netzes innerhalb eines bestimmten Gebiets und gegebenenfalls der Verbindungsleitungen zu anderen Netzen. In Deutschland gibt es derzeit über 850 Verteilnetzbetreiber.

