2. November 2026

WHITEPAPER

Kopplung von Datenökosystemen: Teil 1 – Potenziale interoperabler Datenräume für die digitale Transformation des Energiesystems

Silvio Becher (Siemens); Andreas Bruckmeier (FfE); Oliver Diel (Fraunhofer FIT); Marvin Ehaus (Fraunhofer FIT); Rainer Enzenhöfer (TransnetBW); Dario Klapp (Fraunhofer IEE); Simon Koderer (FfE); Tobias Kranz (Fraunhofer FIT); Pranav Jayant Kulkarni (Fraunhofer FIT); Franz Listl (Siemens); Lars Nolting (TenneT Germany)

Inhaltsverzeichnis

MANAGEMENT SUMMARY 3

1 EINFÜHRUNG UND MOTIVATION 4

2 ANWENDUNGSFÄLLE 5

2.1 Energieoptimierung in der Produktion: Kopplung von energy data-X und Factory-X ... 6

2.2 Emissionsbilanzierung von Elektrofahrzeugen in Unternehmen 6

2.3 Kopplung von BANULA und energy data-X: Energie- und Ladedaten aus virtuellen Bilanzierungsgebieten 7

2.4 Redispatch 3.0: Integration dezentraler kleinteiliger Flexibilitäten 9

2.5 Zusammenfassung 10

3 GRUNDLAGEN VON DATENRÄUMEN 10

3.1 Was ist ein Datenraum? 10

3.2 Was ist kein Datenraum? 11

3.3 Wie funktioniert ein Datenraum konzeptionell? 12

3.4 International Data Spaces und ihre Bausteine 13

3.5 Identität und Vertrauen 15

4 INTEROPERABILITÄT UND TECHNISCHE KOPPLUNG VON DATENRÄUMEN 15

4.1 Dimensionen von Interoperabilität zwischen Datenräumen 16

4.2 Problematiken der Kopplung von Datenräumen 18

4.3 Ansätze zur Kopplung von Datenräumen 19

5 BETREIBERMODELLE 24

5.1 Einführung Betreibermodelle 24

5.2 Kopplung von Datenökosystemen im Kontext von DataFleX 25

6 AUSBLICK 28

Bibliografie 30

MANAGEMENT SUMMARY

Die Transformation des Energiesystems erfordert eine deutlich **stärkere Vernetzung von Akteuren, Infrastrukturen und digitalen Anwendungen**. Gleichzeitig entstehen die dafür notwendigen Daten zunehmend in unterschiedlichen Organisationen und Domänen – von Netzbetreibern und Energieversorgern über Industrieunternehmen bis hin zu Mobilitätsanbietern. Die Herausforderung besteht darin, die **wachsende Datenmenge organisations- und sektorenübergreifend nutzbar zu machen**, ohne die Kontrolle über sie aufzugeben. **Datenökosysteme unter der Verwendung von Schnittstellen zwischen Datenräumen** bieten hierfür einen vielversprechenden Ansatz, da sie souveränen Datenaustausch auf Basis gemeinsamer Regeln, Standards und Vertrauensmechanismen ermöglichen.

Die größten **Wertschöpfungspotenziale** entstehen jedoch nicht innerhalb einzelner Datenökosysteme, sondern an deren Schnittstellen. Anwendungsfälle im Rahmen des DataFleX Projektes wie die energieoptimierte Produktionssteuerung durch die Verknüpfung der Datenökosysteme energy data-X und Factory-X oder die präzise Emissionsbilanzierung von Elektrofahrzeugen durch die Kombination von Daten aus Catena-X und energy data-X verdeutlichen, dass relevante Informationen häufig über mehrere Domänen verteilt sind. Die Fähigkeit, Datenökosysteme über Schnittstellen zwischen Datenräumen miteinander zu koppeln, wird damit zu einer zentralen Voraussetzung für die Digitalisierung und Dekarbonisierung des Energiesystems. Das greift das vorliegende Whitepaper auf und beschreibt Möglichkeiten zur Hebung dieser sektorenübergreifenden Wertschöpfungspotentiale durch die Kopplung bisher getrennter Datenökosysteme.

Dabei wird auch gezeigt, dass die **Kopplung von Datenökosystemen** weit über die reine technische Verbindung von Datenräumen hinausgeht. Erfolgreiche Interoperabilität erfordert die **Abstimmung technischer Protokolle, gemeinsamer semantischer Modelle sowie organisatorischer und rechtlicher Rahmenbedingungen**. Unterschiede bei Governance-Strukturen, Identitäts- und Vertrauensmechanismen oder Datenmodellen stellen dabei häufig größere Herausforderungen dar als die technische Integration selbst.

Zur Bewältigung dieser Herausforderungen werden drei grundlegende Kopplungsansätze analysiert: die **duale Mitgliedschaft** in zwei Datenräumen als kurzfristig umsetzbare Lösung, der **Data Trustee** als vermittelnde Instanz zwischen Datenräumen sowie die **technologische Konvergenz** als langfristiges Ziel einer harmonisierten Datenraumlandschaft. Die Analyse zeigt, dass keiner dieser Ansätze allein alle Anforderungen erfüllt. Vielmehr zeichnet sich ein **hybrides Modell** ab, bei dem unterschiedliche Mechanismen je nach Anwendungsfall und Reifegrad kombiniert werden.

1 EINFÜHRUNG UND MOTIVATION

Die Menge an Daten, die in Organisationen, Infrastrukturen und digitalen Systemen erzeugt wird, steigt stetig (Elsaify & Hasan, 2021). Diese wachsende Datenverfügbarkeit schafft das Potenzial, neue Wertschöpfung durch datengetriebene Geschäftsmodelle und Entscheidungsfindung zu realisieren. Dies gilt besonders für Transformationsprozesse wie die Dekarbonisierung des Energiesystems, bei denen Wertschöpfung zunehmend nicht mehr auf Ebene einzelner Unternehmen stattfindet, sondern durch kollaborative, unternehmensübergreifende Interaktionen in Datenökosystemen entsteht (Adner, 2017; Black et al., 2023; Grover et al., 2018; Günther et al., 2022; Konopik, 2025; Püchel et al., 2024; S. Oliveira et al., 2019).

Um diese Potenziale praktisch zu nutzen, bedarf es eines Ansatzes, der es Organisationen ermöglicht, Daten zu teilen und zu kombinieren, ohne dabei ihre Datenhoheit aufzugeben. Die Datenraum-Technologie bietet dafür einen dezentralen, souveränen Rahmen. Sie organisiert den Datenaustausch zwischen unabhängigen Akteuren nicht durch zentrale Datenspeicherung, sondern durch gemeinsame Regeln, Protokolle und Vertrauensmechanismen (IDSA, 2025). Ein übergeordnetes Datenökosystem ist dabei mehr als eine Technologie zum Datenaustausch: Es ist vielmehr als Governance-Rahmen zu verstehen. Ein Datenökosystem ist ein Zusammenspiel aus technischen, organisatorischen und rechtlichen Elementen, das vertrauenswürdiges Datenteilen auf Basis gemeinsamer Policies, semantischer Modelle, Protokolle und Prozesse ermöglicht (ISO/IEC, 2025). Ein Datenraum ist dabei nicht mit einem Datenökosystem gleichzusetzen: Ein Datenraum schafft den technischen und organisatorischen Rahmen für vertrauensvollen, souveränen und interoperablen Datenaustausch. Ein Datenökosystem umfasst darüber hinaus die fachliche Domäne, die beteiligten Rollen, Geschäftsmodelle, Prozesse, Anwendungen und Wertschöpfungslogiken.

In der Praxis haben sich spezialisierte, domänenspezifische Datenökosystemprojekte etabliert, zum Beispiel energy data-X oder BANULA für die Energiewirtschaft, Factory-X für den Produktionssektor oder Catena-X für die Automobilindustrie. Diese Spezialisierung ermöglicht es, Governance, technische Standards, Rollen, Identitätskonzepte, semantische Modelle und Anwendungsfälle auf die spezifischen Anforderungen einer Branche zuzuschneiden. Diese Initiativen sind nicht nur technische Datenräume, sondern domänenspezifische Datenökosysteme. Die Kopplung solcher Datenökosysteme ist daher nicht allein eine technische Frage. Sie setzt vielmehr voraus, dass die beteiligten Datenräume auf mehreren Ebenen miteinander anschlussfähig sind: technisch über kompatible Schnittstellen, Protokolle und Sicherheitsmechanismen, semantisch über aufeinander abbildbare Begriffe, Datenmodelle und Metadaten sowie organisatorisch und rechtlich über kompatible Governance-Regeln, Rollen, Vertrauensnachweise und Nutzungsbedingungen.

An dieser Stelle zeigt sich jedoch, dass ein Baustein ungenutzt bleibt: Die wertvollsten datengetriebenen Anwendungen entstehen nicht innerhalb einzelner Domänen, sondern an ihren Schnittstellen. Möchte beispielsweise ein Fertigungsbetrieb seine Energiekosten senken, benötigt er nicht nur Daten über seine eigenen Produktionsprozesse aus Factory-X, sondern auch aktuelle und prognostizierte Energiepreise aus energy data-X. Nur die Kombination dieser Daten ermöglicht es, Produktionsschritte so zu verschieben oder zu planen, dass Energiekosten reduziert werden können, ohne Produktionsziele zu gefährden. Factory-X allein kann diese Frage nicht beantworten, energy data-X allein kennt die Flexibilitätspotenziale eines Betriebs nicht – der Mehrwert entsteht durch eine Kopplung beider Datenökosysteme.

Dieser Kopplung steht jedoch eine zentrale Herausforderung entgegen: Organisationen sind grundsätzlich bereit, Daten zu teilen, solange sie die Kontrolle über ihre Daten behalten und ihre

Interessen geschützt sind (Vial, 2023). Ein Energieversorger wird seine Preismodelle nicht uneingeschränkt offenlegen, genauso wenig wie ein Produktionsbetrieb seine Fertigungsdaten. Diese Zurückhaltung ist berechtigt, da wahrgenommene Risiken wie die Offenlegung sensibler Informationen, der Verlust von Wettbewerbsvorteilen oder potenzieller Datenmissbrauch häufig den erwarteten Nutzen des Datenteilens übertreffen (DalleMule & Davenport, 2017; Lefebvre et al., 2025; Li et al., 2025). Hinzu kommen Herausforderungen bei der gegenseitigen Vertrauensfindung zwischen Akteuren unterschiedlicher Domänen sowie Unterschiede in ihren jeweiligen Governance-Strukturen und Compliance-Anforderungen – genau hier liegt das Potenzial der sektorenübergreifenden Kopplung von Datenökosystemen. Es geht nicht darum, dass Organisationen ihre Daten unkontrolliert freigeben, sondern dass spezialisierte, souveräne Datenräume technisch so miteinander verbunden werden, dass Daten regelbasiert und unter kontrollierten Bedingungen über ihre Grenzen hinweg genutzt werden können. Dies ermöglicht es beiden Parteien, ihre Datenhoheit und damit ihre Geschäftsinteressen zu wahren, während gleichzeitig sektoren- und organisationsübergreifende Wertschöpfung entsteht.

An diesem Punkt setzt das Projekt DataFleX an. Es untersucht, wie die Integration dezentraler kleinteiliger Flexibilitäten und eine effiziente Systemsteuerung im Energiesystem durch einen vernetzten, organisationsübergreifenden Datenaustausch ermöglicht werden können. Zu diesem Zweck werden in diesem Whitepaper zum einen die Kopplung von Catena-X mit energy data-X und zum anderen die Kopplung des BANULA-Datenökosystems mit energy data-X betrachtet. BANULA ermöglicht dabei die Erfassung und bilanzkreisgenaue Zuordnung von Energiezeitreihen innerhalb virtueller Bilanzierungsgebiete. Das Laden von Elektrofahrzeugen dient als erster Demonstrator.

Im weiteren Verlauf greift dieses Whitepaper die beschriebenen Herausforderungen auf und untersucht, wie vernetzte Datenökosysteme in der Energiewirtschaft unter Nutzung der Datenraum-Technologie gestaltet werden können. Dabei werden zentrale Hürden bei der Verknüpfung von Datenräumen analysiert, architektonische Gestaltungsoptionen aufgezeigt und mögliche Ansätze für die Kopplung diskutiert. Abschließend fasst ein Ausblick die zentralen Erkenntnisse zusammen und ordnet ein, unter welchen Bedingungen sich die betrachteten Kopplungsansätze für den Einsatz im Energiesystem eignen. Konkrete Handlungsempfehlungen und eine Bewertung des Wertschöpfungspotentials für die Umsetzung gekoppelter Datenökosysteme werden im zweiten Teil dieses Whitepapers vertieft.

2 ANWENDUNGSFÄLLE

Die theoretisch beschriebenen Potenziale von Datenökosystemen entfalten ihre Bedeutung erst im Kontext konkreter Anwendungsszenarien. Die nachfolgenden Anwendungsfälle verdeutlichen exemplarisch, an welchen Stellen domänenübergreifende Wertschöpfungsprozesse entstehen, die sich innerhalb eines einzelnen, isolierten Datenraums strukturell nicht realisieren lassen. Sie dienen damit nicht nur der Illustration, sondern auch der Ableitung konkreter Anforderungen an Governance, semantische Interoperabilität und technische Kopplung – Anforderungen, an denen sich die in den folgenden Abschnitten diskutierten Architektur- und Betreibermodelle messen lassen müssen.

2.1 Energieoptimierung in der Produktion: Kopplung von energy data-X und Factory-X

Industrielle Produktionsprozesse gehören zu den größten Energieverbrauchern. Gleichzeitig bieten viele Fertigungsprozesse ein erhebliches Flexibilitätspotenzial: Bestimmte Produktionsschritte können zeitlich verschoben, Maschinen gezielt zu- oder abgeschaltet und Energiespeicher strategisch eingesetzt werden, sofern die notwendigen Informationen zur Verfügung stehen.

Dieser Anwendungsfall verbindet:

Factory-X

(Datenökosystem für die Fertigung): enthält Daten über den Energiebedarf einzelner Maschinen, Produktionslinien oder Fabrikbereiche, geplante Produktionszyklen, Flexibilitätspotenziale sowie aktuelle und prognostizierte Energieverbräuche von Anlagen

energy data-X

(Datenökosystem für die Energiewirtschaft): enthält Messwerte aus Smart Metern, Daten aus Heimenergiemanagementsystemen, Daten zu Bilanzkreisen einschließlich dazugehöriger Prognosen und Fahrpläne, sowie Informationen über verfügbare Energiemengen aus erneuerbaren Quellen

Das Ziel des Anwendungsfalls ist die Optimierung des Energieeinsatzes in der Produktion auf Basis aktueller und prognostizierter Energiepreise. Konkret bedeutet dies: Eine Fabrik oder ein Fabrikbereich erhält aus energy data-X eine Flexibilitätsanfrage für die kommenden Stunden oder den nächsten Tag. Auf Basis dieser Anfrage kann das Energiemanagementsystem der Fabrik – unter Nutzung der in Factory-X verfügbaren Produktions- und Verbrauchsdaten – entscheiden, wann energieintensive Prozesse durchgeführt werden sollen, um die Energiekosten zu minimieren und gleichzeitig die Produktionsziele zu erfüllen.

Energiepreisdaten und Produktionsdaten liegen in klar getrennten Domänen und werden von unterschiedlichen Akteuren verwaltet. Energieversorger und Netzbetreiber stellen ihre Daten über energy data-X bereit, während Maschinenhersteller, Anlagenbetreiber und Produktionsplaner ihre Daten über die Komponenten von Factory-X verwalten. Beide Seiten haben berechtigte Interessen an der Kontrolle ihrer Daten: Eine Datenraumkopplung ermöglicht es, diese Daten gezielt und unter definierten Nutzungsbedingungen zusammenzuführen, ohne dass eine der Parteien die Kontrolle über ihre Daten aufgeben muss.

2.2 Emissionsbilanzierung von Elektrofahrzeugen in Unternehmen

Die Dekarbonisierung des Verkehrssektors ist eng mit der Frage verknüpft, wie und wann Elektrofahrzeuge geladen und welche Energiequellen dabei genutzt werden. Um den tatsächlichen CO_2-Fußabdruck eines Elektrofahrzeugs zu berechnen, reicht es nicht aus, lediglich den Energieverbrauch des Fahrzeugs zu kennen. Relevant sind darüber hinaus die Treibhausgasemissionen der geladenen Energiemenge. Aus diesem Grund haben Unternehmen ein Interesse daran, die Emissionen ihrer Fahrzeugflotte im Betrieb zu bilanzieren, zum Beispiel für ihr Nachhaltigkeitsreporting. Bei Elektrofahrzeugen können zur Berechnung beispielsweise ortsbasierte Emissionsfaktoren herangezogen werden. Dies bedeutet, dass die geladene Energiemenge mit einem Emissionsfaktor bewertet wird, der sich zeit- und ortsbedingt ändert. Dabei ist unter anderem entscheidend, welcher Strommix zum Zeitpunkt des Ladevorgangs im

Netz vorherrschte – also ob der Strom aus erneuerbaren Quellen oder aus fossilen Kraftwerken stammte.

Dieser Anwendungsfall verbindet:

Catena-X

(Datenökosystem für die Automobilindustrie): enthält Daten zur Herstellung von Fahrzeugen, Betriebsdaten und Lieferkettendaten

energy data-X

(Datenökosystem für die Energiewirtschaft): enthält Daten von Ladestationen, darunter Ladezeitpunkte, bezogene Energiemengen, lokale Netzparameter sowie Informationen über den aktuellen und historischen Strommix

Erst durch die Verknüpfung beider Datensätze lassen sich die Treibhausgasemissionen, die mit einem Ladevorgang in Verbindung stehen, präzise berechnen: Fahrzeugdaten aus Catena-X liefern den Kontext, während energy data-X die energieseitige Perspektive beisteuert. Es ließe sich argumentieren, dass Automobilhersteller Emissionsfaktoren auch direkt von spezialisierten Anbietern wie dem Green Grid Compass beziehen könnten. Der Bezug über ein Energiedatenökosystem bietet jedoch den Vorteil, dass ein entsprechender Emissionsfaktor- oder CO_2-Berechnungsservice in energy data-X als standardisiertes Datenangebot sichtbar, auffindbar und für berechtigte Teilnehmer nutzbar wird. Dadurch muss der Service nicht für jeden Anwendungsfall bilateral angebunden werden, sondern kann als wiederverwendbares Angebot im Datenraum bereitgestellt werden.

Auf dieser Grundlage können weitere Dienste entstehen, etwa zur CO_2-Bilanzierung einzelner Ladevorgänge, für das Flottenreporting oder Auswertungen für die Nachhaltigkeitsberichterstattung. Zusätzlich könnte ein solcher gemeinsam genutzter Service selbst zertifiziert oder auditiert werden. Das ersetzt nicht die Prüfung der datenverarbeitenden Stelle, kann Wirtschaftsprüfern aber helfen, die verwendete Datenquelle, Methodik und Berechnungslogik nachvollziehbar einzuordnen.

Neben ortsbasierten Berechnungsansätzen können auch marktbasierte Bilanzierungsmethoden bereitgestellt werden, die auf weiteren Daten aus dem Energiedatenökosystem oder dem Mobilitätsdatenökosystem zurückgreifen. Die europäische „Alternative Fuels Infrastructure Regulation“, kurz AFIR-Verordnung, verpflichtet die Betreiber von öffentlich zugänglichen Ladepunkten zur Bereitstellung öffentlich zugänglicher Informationen zu deren Ladeinfrastruktur. Unter anderem muss angegeben werden, ob der gelieferte Ladestrom zu 100 Prozent aus erneuerbaren Quellen stammt (EU-Verordnung 2023/1804, 2023). Auf diese Informationen kann ein Service im Mobilitätsdatenökosystem zurückgreifen und Ladeemissionen nach einem marktbasierten Ansatz liefern.

2.3 Kopplung von BANULA und energy data-X: Energie- und Ladedaten aus virtuellen Bilanzierungsgebieten

Die Dekarbonisierung des Verkehrssektors führt zu einem starken Ausbau der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge. Insbesondere die von der Autobahn GmbH beauftragte Errichtung eines deutschlandweiten Lkw-Schnellladenetzes wird in den kommenden Jahren zu einer deutlichen Zunahme leistungsstarker Ladepunkte entlang der Fernverkehrsachsen führen. Die damit

verbundenen Ladevorgänge verursachen hohe und teilweise zeitgleich auftretende Lasten, die erhebliche Auswirkungen auf Verteil- und Übertragungsnetze haben können. Gleichzeitig benötigen Netzbetreiber zunehmend aktuelle Informationen über das tatsächliche Ladeverhalten von Elektrofahrzeugen, um Netzlasten genauer abzuschätzen, Prognosen zu verbessern und den wachsenden Einfluss der Elektromobilität auf das Energiesystem transparent abzubilden. Die hierfür erforderlichen Daten liegen jedoch in unterschiedlichen Datenökosystemen vor. Energy data-X und BANULA ermöglichen jeweils einen standardisierten und souveränen Datenaustausch, setzen dabei jedoch unterschiedliche Schwerpunkte: Energy data-X basiert auf der IDSA-Architektur und Business Wallets und unterstützt insbesondere die Marktkommunikation zwischen regulierten Marktrollen. BANULA ergänzt diese Strukturen um einen blockchainbasierten Transparenz- und Vertrauenslayer für virtuelle Bilanzierungsgebiete, in denen insbesondere der Ladepunktbetreiber, die für die bilanzielle Zuordnung erforderlichen Messwerte erfasst. Die Kopplung beider Datenökosysteme ermöglicht es, diese Informationen organisationsübergreifend nutzbar zu machen und neue Mehrwerte für Netzbetreiber und Marktakteure zu schaffen.

Dieser Anwendungsfall verbindet:

BANULA

(energiewirtschaftliches Datenökosystem für virtuelle Bilanzierungsgebiete): ermöglicht über standardisierte Schnittstellen, ein gemeinsames Registry, Credentials und blockchainbasierte Vertrauensmechanismen den Austausch und die bilanzielle Zuordnung von Lade- und Energiezeitreihen

energy data-X

(Datenökosystem für die Energiewirtschaft): ermöglicht den souveränen Austausch energiewirtschaftlicher Daten und Dienste zwischen Netzbetreibern, Energiedienstleistern und weiteren Marktakteure

Das Ziel des Anwendungsfalls ist die Bereitstellung von Lade- und Energiedaten aus BANULA für Akteure in energy data-X sowie die Nutzung energiewirtschaftlicher Mehrwertdienste innerhalb von BANULA. Die Kopplung ist dabei bidirektional: Energie- und Ladezeitreihen aus BANULA können für berechtigte Teilnehmer und Dienste in Energy data-X nutzbar gemacht werden, während Daten und Dienste aus energy data-X in BANULA-Anwendungsfälle einfließen können. Zugleich erfordert die Kopplung eine wechselseitige Anschlussfähigkeit der unterschiedlichen Identitäts- und Vertrauensmodelle – Business Wallets auf Seiten von energy data-X und Registry, Credentials sowie blockchainbasierte Nachweise auf Seiten von BANULA.

Durch die Kopplung erhält energy data-X Zugriff auf aggregierte Ladeleistungen und Energiemengen aus virtuellen Bilanzierungsgebieten. Netzbetreiber können diese Informationen nutzen, um Netzlasten nahezu in Echtzeit besser abzuschätzen, Lastprognosen zu verbessern und zusätzliche Transparenz über die Auswirkungen der Elektromobilität auf Verteil- und Übertragungsnetze zu gewinnen.

Gleichzeitig profitiert BANULA von Datenangeboten innerhalb von energy data-X. So können beispielsweise CO_2-Intensitätswerte des Green Grid Compass genutzt werden, um die Emissionen beschaffter Strommengen zu bestimmen und in CO_2-Nachweise für Ladevorgänge sowie die Gesamtbilanz von E-Mobility Providern einzubeziehen.

Energiebezogene Echtzeitdaten und CO_2-Informationen werden von unterschiedlichen Akteuren verwaltet und liegen in getrennten Datenräumen vor. Die Datenraumkopplung ermöglicht es, diese Daten unter definierten Nutzungsbedingungen zusammenzuführen, ohne dass die beteiligten Akteure die Hoheit über ihre Daten aufgeben müssen. Der Mehrwert entsteht dadurch sowohl für Netzbetreiber durch verbesserte Netztransparenz als auch für Mobilitätsakteure durch eine präzisere CO_2-Bilanzierung von Ladevorgängen. Die zugrunde liegende Architektur ist nicht auf einzelne Ladepunkte oder virtuelle Bilanzierungsgebiete beschränkt. Durch das übergreifende Registry des BANULA e. V. können E-Mobility Provider, Ladepunktbetreiber und Betreiber virtueller Bilanzierungsgebiete organisations- und gebietsübergreifend zusammenwirken. Dadurch kann ein Kunde den Stromvertrag seines E-Mobility Providers an jedem teilnehmenden Ladepunkt nutzen – unabhängig davon, welchem virtuellen Bilanzierungsgebiet der jeweilige Standort zugeordnet ist. Die Architektur ist darüber hinaus auf weitere Mehrlieferantenmodelle wie das Laden von Dienstwagen zu Hause oder Energy Sharing übertragbar.

2.4 Redispatch 3.0: Integration dezentraler kleinteiliger Flexibilitäten

Mit dem Fortschreiten der Energiewende steigen die Anforderungen an das Netzengpassmanagement in Deutschland. Redispatch bezeichnet dabei das netzbetreiberseitige Eingreifen in die Einspeise- und Lastsituation, um drohende Engpässe im Stromnetz zu vermeiden. Während der etablierte, kostenbasierte Redispatch 2.0 Erzeugungsanlagen ab 100 kW einbezieht, erschließt der komplementäre, marktbasierte Redispatch 3.0 zusätzlich lastseitige Flexibilitäten im Niederspannungsbereich wie E-Fahrzeuge, Wärmepumpen und PV-Heimspeicher-Systeme. Im Rahmen von DataFleX wird dieses Konzept erstmals großskalig pilotiert.

Eine zentrale Rolle übernehmen dabei Aggregatoren: Sie bündeln dezentrale kleinteilige Flexibilitäten in Pools und bieten den Netzbetreibern damit ein Flexibilitätspotenzial in netztechnisch wirksamer Größe an. Dieser Prozess ist in hohem Maße datengetrieben: Netzbetreiber benötigen Planungs- und Erbringungsdaten der Flexibilitätspools sowie Echtzeit-Netzdaten für Engpassprognose und Abrufentscheidung, Aggregatoren wiederum Zugang zu den Flexibilitätsdaten steuerbarer Erzeugungs- und Verbrauchseinrichtungen. Auch das begleitende Monitoring, das strategisches Verhalten wie „Inc-Dec“-Gaming – d.h. das gezielte Hoch- und Herunterfahren („Increase-Decrease“) in verschiedenen Marktsegmenten, um aus Engpässen finanziell zu profitieren – aufdecken soll, setzt nachvollziehbare, standardisierte Datenflüsse voraus. Diese Daten liegen jedoch in unterschiedlichen Datenökosystemen vor. Vor diesem Hintergrund bedarf dieser Anwendungsfall der Verknüpfung mehrerer Datenökosysteme (u.a. energy data-X, Catena-X, BANULA).

Das Ziel des Anwendungsfalls ist die netzdienliche Erschließung lastseitiger Flexibilitäten für das Engpassmanagement über Datenraumgrenzen hinweg: Aggregatoren können Flexibilitätspotenziale aus Industrie und Elektromobilität standardisiert erfassen und anbieten, während Netzbetreiber die für Bezuschlagung, Abruf und Monitoring erforderlichen Daten unter definierten Bedingungen erhalten.

Die Kopplung schafft für beide Seiten einen konkreten Mehrwert: Netzbetreiber und Flexibilitätsdienstleister erhalten standardisierten Zugang zu bislang nicht erschlossenen Flexibilitätspotenzialen, während Industrie- und Mobilitätsakteure ihre Flexibilität vermarkten können. Offene Datenraumschnittstellen reduzieren proprietäre Einzelanbindungen und vermeiden Lock-in-Effekte gegenüber einzelnen Dienstleistern. Die Datenraumkopplung

ermöglicht es somit, die erforderlichen Daten gezielt und unter definierten Nutzungsbedingungen zusammenzuführen, ohne dass die beteiligten Akteure die Hoheit über ihre Daten aufgeben müssen.

2.5 Zusammenfassung

Die vier Anwendungsfälle verdeutlichen ein grundlegendes Muster: Mehrwert entsteht nicht nur innerhalb eines einzelnen Datenraums, sondern vor allem **an der Schnittstelle zwischen Datenräumen**. Die relevanten Daten sind aus guten Gründen in spezialisierten, souveränen Datenökosystemen organisiert und sollen dort auch künftig verbleiben. Gleichzeitig erfordert die Realisierung sektorenübergreifender Wertschöpfung, dass diese Daten unter kontrollierten Bedingungen miteinander in Beziehung gesetzt werden können.

Dies unterstreicht, dass die Kopplung von Datenräumen keine rein technische Aufgabe ist, sondern eine strategische Notwendigkeit für die Realisierung datengetriebener Wertschöpfung in vernetzten Systemen wie dem Energiesystem oder der industriellen Produktion. Die in Abschnitt 4.3 beschriebenen Ansätze – duale Mitgliedschaft, Data Trustee und technologische Konvergenz – müssen sich letztlich daran messen lassen, ob sie solche konkreten Anwendungsfälle praktikabel und skalierbar ermöglichen.

3 GRUNDLAGEN VON DATENRÄUMEN

Bevor die Kopplung von Datenräumen betrachtet werden kann, ist zunächst ein gemeinsames Begriffsverständnis erforderlich. Im Kontext von Datenräumen werden häufig unterschiedliche Konzepte miteinander vermischt. Dieses Kapitel klärt daher, was im Sinne dieses Whitepapers unter einem Datenraum zu verstehen ist, was nicht darunter fällt und welche technischen sowie organisatorischen Bausteine für einen funktionsfähigen Datenraum zentral sind.

3.1 Was ist ein Datenraum?

Der Begriff Datenraum (Englisch „Data Space“) wird in wissenschaftlichen, politischen und industriellen Arbeiten unterschiedlich verwendet (Atzori et al., 2023; Bacco et al., 2024; Heinbach et al., 2025). Entsprechend existieren zahlreiche Definitionen, die sich auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen bewegen und von technischen Beschreibungen bis hin zu allgemeinen Kooperationsmodellen für Datenaustausch reichen. Für dieses Whitepaper wird daher die DataFleX-Perspektive auf Datenräume zugrunde gelegt, die sich an den Veröffentlichungen der International Data Spaces Association (IDSA) und an der entstehenden ISO-Norm zu Datenräumen orientiert.

Ein Datenraum ist in diesem Sinne ein organisatorischer und technischer Rahmen, der innerhalb einer bestimmten Anwendungsdomäne die Voraussetzungen für skalierbaren unternehmensübergreifenden Datenaustausch schafft. Dies geschieht durch gemeinsame Regeln, Rollen, Standards und technische Mechanismen, mit denen Datenangebote beschrieben, Nutzungsbedingungen formuliert, Identitäten geprüft und Austauschbeziehungen wiederholbar umgesetzt werden können. Datenhalter behalten dabei die Kontrolle darüber, mit wem sie Daten teilen und unter welchen Bedingungen dies geschieht (IDSA, 2025).

Diese Sichtweise findet sich auch in der entstehenden ISO-Norm zu Datenräumen wieder. Dort werden Datenräume im Kern als Governance-Rahmen mit unterstützenden Diensten beschrieben, der vertrauensvolles Data Sharing auf Basis gemeinsamer Policies, semantischer Modelle, Protokolle und Prozesse ermöglicht (ISO/IEC, 2025). Datenräume sind also nicht auf technische Infrastruktur zu reduzieren. Sie verbinden vielmehr technische, organisatorische und rechtliche Elemente zu einem gemeinsamen Rahmen, der innerhalb einer Domäne einen standardisierten Weg für das selbstbestimmte Teilen von Daten und das Anbieten von Diensten vorgibt. Durch gemeinsame Standards stärken sie die Interoperabilität und machen verlässlichen, unternehmensübergreifenden Datenaustausch skalierbar.

Innerhalb der Domäne der automobilen Lieferkette zeigt Catena-X (CX), wie ein solcher gemeinsamer Rahmen ausgestaltet werden kann. CX-Standards (Catena-X, 2026) legen fest, wie bestimmte Informationen entlang der gesamten Lieferkette beschrieben, ausgetauscht, fachlich verstanden und damit unternehmensübergreifend nutzbar gemacht werden. Diese Informationen können anschließend für nachgelagerte Anwendungen verwendet werden, etwa für die Erstellung eines Batteriepasses für Elektrofahrzeuge.

3.2 Was ist kein Datenraum?

Da der Begriff Datenraum in Diskussionen häufig unterschiedlich verwendet wird, ist für ein Verständnis nicht nur eine Definition, sondern auch eine Abgrenzung zu verwandten Konzepten essenziell. Erst wenn erkennbar ist, was ein Datenraum nicht ist, wird verständlich, worin sein eigentlicher Charakter liegt: Ein Datenraum ist kein gemeinsamer Datenspeicher, kein zentrales Portal und auch keine Cloud-Plattform, in die einzelne Unternehmen ihre Daten einstellen oder hochladen. Solche zentralisierten Systeme können Teil eines Datenraums sein und bestimmte Anwendungsfälle im Kontext des Datenraums unterstützen, entsprechen aber nicht dem hier zugrunde gelegten Verständnis eines Datenraums, in dem der Datenhalter die Hoheit über seine Daten behält.

Das gilt in DataFleX insbesondere auch für Prozess- und Marktzugangsplattformen wie Equigy, DA/RE oder Connect+. Sie adressieren zwar organisationsübergreifenden Datenaustausch für klar definierte Markt- oder Netzprozesse, folgen aber einer Plattformlogik mit eigenen Accounts, Datenmodellen und Prozessregeln. Sie können jedoch als Datenquelle oder Datensenke – also als Datenlieferant oder als Datenempfänger – in ein Datenökosystem eingebunden werden. Der Datenraum kann dabei helfen, Formate, Schnittstellen, Identitäten und Zugangsregeln übergreifend zu harmonisieren. Dadurch könnten Plattformen für konkrete Anwendungsfälle über gemeinsame Datenmodelle und im Datenraum etablierte Identitäten nutzbar werden, ohne dass jeder Teilnehmer für jede Plattform separat angebunden werden muss. Für sich genommen bleiben sie jedoch Plattformen und sind keine Datenräume.

Ein Datenraum ist zudem kein Kanal, durch den Daten „fließen“ oder übertragen werden. Der eigentliche Datenaustausch findet direkt zwischen zwei Parteien statt: einem Anbieter, der Daten oder Dienste unter bestimmten Bedingungen bereitstellt, und einem Nutzer, der diese Bedingungen akzeptiert und anschließend einen Transferprozess anstößt. Der Datenraum ist damit nicht der Ort, an dem die Daten zentral zusammengeführt werden, sondern der Kontext, in dem solche Austauschbeziehungen regelbasiert angebahnt und abgesichert werden.

Der Datenraum organisiert dafür die Interaktionen zwischen Anbietern und Nutzern. Er stellt Mechanismen für dezentrale Vertrauensbildung bereit und gibt einen einheitlichen Weg vor, wie Datenangebote beschrieben, sichtbar gemacht und genutzt werden können. Dazu gehören die

gegenseitige Identifikation der Beteiligten, die Beschreibung von Nutzungsbedingungen, die Verhandlung digitaler Vereinbarungen sowie technische Mechanismen für Zugriff und Absicherung. Die konkreten Nutzungsbedingungen legt dabei der jeweilige Anbieter fest. Der Datenraum gibt vor, wie diese Bedingungen beschrieben und technisch verarbeitet werden, damit sie von allen Teilnehmern einheitlich verstanden werden können.

Die eigentlichen Daten verbleiben grundsätzlich beim jeweiligen Datenhalter und damit zunächst in dessen Einflussbereich. Ob und mit wem diese Daten geteilt werden, entscheidet der Datenhalter unter den im Datenraum vorgesehenen Regeln und den von ihm festgelegten Bedingungen. Nach Abschluss einer digitalen Vereinbarung erhält der Nutzer Zugriff auf die Daten oder auf einen Dienst, beispielsweise durch direkte Übertragung oder durch Zugriffsinformationen für den Abruf. Die Vereinbarung liegt auf beiden Seiten vor und dokumentiert, welche Bedingungen für die Nutzung gelten. Der Datenraum schafft dafür den technisch-organisatorischen Rahmen, während der Zugriff selbst zwischen Anbieter und Nutzer erfolgt.

3.3 Wie funktioniert ein Datenraum konzeptionell?

Bevor das Konzept technisch eingeordnet wird (siehe Kapitel 3.4), hilft zunächst ein vereinfachendes mentales Modell. Es ersetzt keine technische Beschreibung, macht aber zentrale Eigenschaften eines Datenraums intuitiv verständlich:

Das Konzept eines Datenraums lässt sich mit einer Analogie zu einem Wochenmarkt veranschaulichen (siehe Abbildung 1). Auf einem Wochenmarkt gibt es viele Anbieter, die an ihren Marktständen unterschiedliche Waren anbieten. Die Anbieter bringen ihre Waren nicht in ein gemeinsames Lager, sondern nutzen den Markt, um ihre Angebote sichtbar zu machen. Die Kunden wissen, wo der Wochenmarkt stattfindet, können sich dort orientieren, Angebote vergleichen und anschließend direkt mit einem Anbieter in Kontakt treten, wenn sie etwas kaufen möchten. Der Markt selbst stellt dafür den Rahmen bereit: Er sorgt für Orientierung und ein Mindestmaß an Vertrauen zwischen Akteuren, die sich nicht zwingend vorher kennen. Dieses Vertrauen wird durch eine gemeinsame Marktordnung geschaffen. Sie definiert Regeln und Rollen für den Wochenmarkt und sorgt dafür, dass alle Teilnehmer sich verstehen. Diese Marktordnung entspricht der Datenraum-Governance.

Auf dem Markt gibt es einen Lageplan. Er zeigt, welche Stände es gibt und welche Waren dort angeboten werden. Übertragen auf einen Datenraum entspricht dieser Lageplan der Komponente des Datenraum-Katalogs. Im Katalog werden keine Rohdaten gespeichert, sondern Beschreibungen von Daten- und Dienstangeboten sichtbar gemacht. Dazu gehören Metadaten zum Inhalt des Angebots, Informationen zur technischen Nutzung und Hinweise auf die Bedingungen, unter denen ein Zugriff möglich ist.

Wenn ein Nutzer ein passendes Angebot findet, prüft er die damit verbundenen Bedingungen und schließt eine digitale Vereinbarung mit dem Anbieter. Erst danach erhält er Zugriff auf die Daten oder den angebotenen Dienst. Dieser Zugriff erfolgt direkt zwischen Anbieter und Nutzer am jeweiligen Marktstand. Der Datenraum ist damit nicht der Ort, an dem Daten gesammelt werden, sondern der geregelte Interaktionsraum, in dem Angebote sichtbar gemacht, Identitäten geprüft, Bedingungen verstanden und Vereinbarungen nachvollziehbar abgeschlossen werden können.

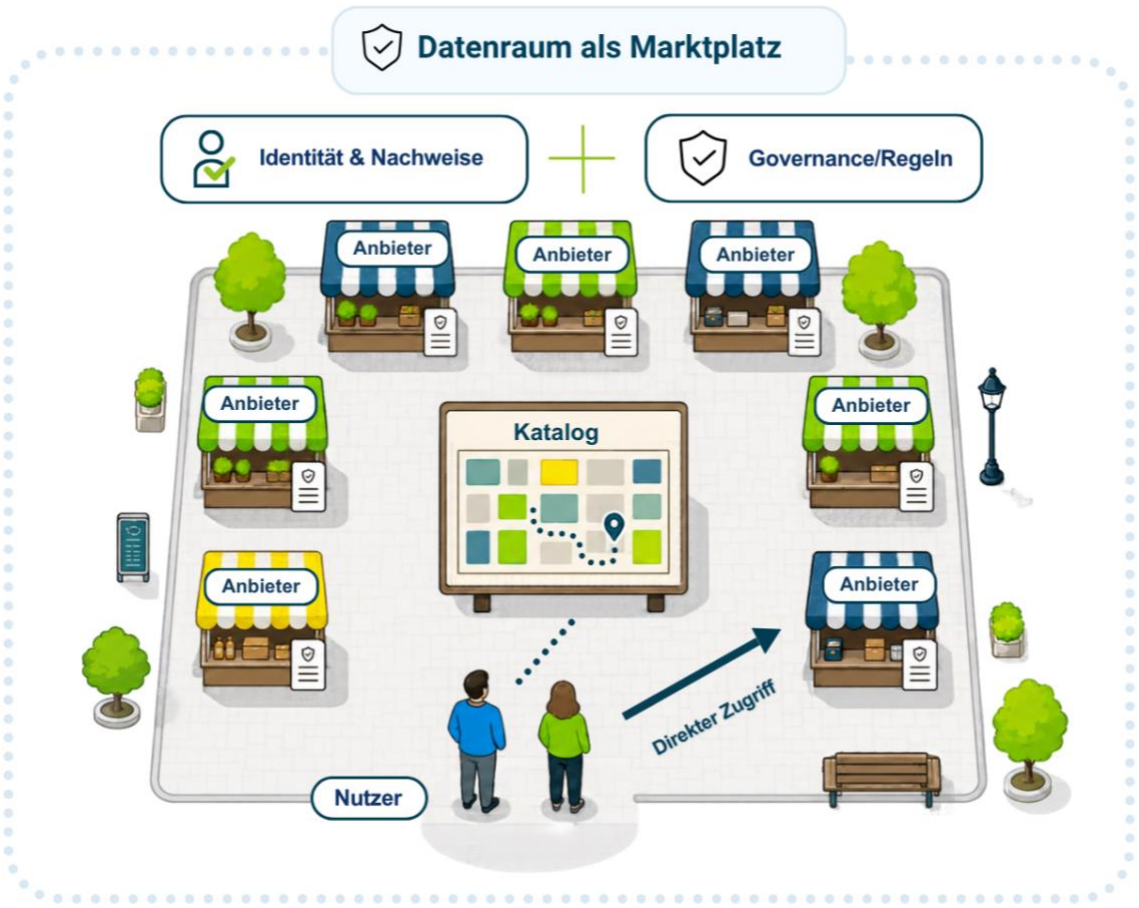


Abbildung 1: Datenraum als Marktplatz-Analogie (Eigene Darstellung)

3.4 International Data Spaces und ihre Bausteine

Das oben beschriebene Konzept und das heute verbreitete Verständnis von Datenräumen wurden maßgeblich durch die Arbeiten der IDSA geprägt. Das International Data Spaces Reference Architecture Model, kurz IDS-RAM, beschreibt, wie unabhängige Akteure Daten organisationsübergreifend austauschen und gegenseitig nutzbar machen können, ohne dass dafür eine zentrale Instanz die Kontrolle über Datenflüsse oder Nutzungsbedingungen übernimmt. Das Modell ordnet die dafür notwendigen Elemente, Prozesse und Rollen in verschiedene Ebenen ein und skizziert die Funktion der dafür erforderlichen technischen Systeme (IDSA, 2023).

Ein technisches System, das in diesem Zusammenhang besonders häufig genannt wird, ist der Konnektor (Englisch „Connector“). Im IDS-Kontext bezeichnet er die technische Komponente, über die sich ein Unternehmen oder eine Organisation an einem Datenraum beteiligt. Über den Konnektor können Daten- und Dienstangebote beschrieben und für andere Teilnehmer unter festgelegten Bedingungen nutzbar gemacht werden. Vereinfacht gesagt ist der Konnektor das technische System, über das ein Teilnehmer seine Daten oder Dienste in einen Datenraum einbringt. In der Marktplatz-Analogie entspricht der Konnektor also einem Marktstand. Zugleich ist er die Komponente, über die ein Teilnehmer mit dem Angebot eines anderen Teilnehmers

interagiert, wenn er Daten oder Dienste nutzen möchte. Er unterstützt damit sowohl die Anbahnung solcher Austauschbeziehungen als auch die technische Vorbereitung des Zugriffs auf ein Angebot, etwa im Hinblick auf Autorisierung und Datentransfer.

Damit Datenteilen in der Praxis technisch funktioniert und skalierbar wird, reicht der Konnektor allein jedoch nicht aus. Das IDS-RAM beschreibt deshalb weitere Mechanismen und Bausteine, von denen ausgewählte Elemente in Abbildung 2 grafisch dargestellt sind:

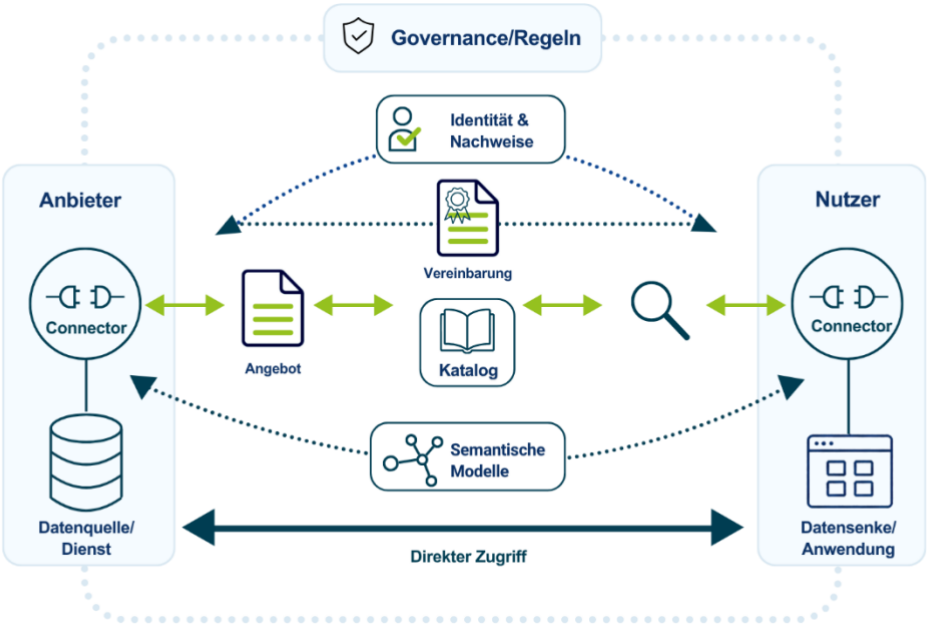


Abbildung 2: Vereinfachte technische Sicht auf zentrale Bausteine eines Datenraums (Eigene Darstellung)

Zentral dargestellt ist der oben bereits angesprochene Katalog. Er ermöglicht das Auffinden von Datenangeboten anderer Teilnehmer. Zusätzlich erforderlich ist die Etablierung eines Identitäts- und Vertrauensmodells. Teilnehmer müssen sich gegenseitig eindeutig identifizieren können. Außerdem sollten sie in der Lage sein, bestimmte Eigenschaften des Gegenübers zu verifizieren. Dazu gehören beispielsweise Rollen, Mitgliedschaften oder der Nachweis bestimmter Zertifizierungen.

Über Konnektoren kann die Nutzung eines Datenangebots ausgehandelt werden. Das Ergebnis ist eine digitale Vereinbarung, die auf beiden Seiten vorliegt und festhält, welches Angebot unter welchen Bedingungen genutzt werden darf. Sie entsteht aus dem vom Anbieter veröffentlichten Angebot und der Zustimmung des Nutzers zu den daran geknüpften Nutzungsbedingungen. Erst auf dieser Grundlage wird der eigentliche Zugriff auf die Daten oder den Dienst vorbereitet. Der Zugriff selbst erfolgt anschließend direkt zwischen Anbieter und Nutzer, beispielsweise als Datentransfer oder als Zugriff auf eine Schnittstelle.

Darüber hinaus stellt das IDS-RAM die Verwendung gemeinsamer semantischer Modelle als Blaupause zur Verfügung, damit ausgetauschte Informationen von allen Beteiligten einheitlich interpretiert werden können. Semantische Modelle beschreiben, wie Daten fachlich zu verstehen sind und welche Bedeutung einzelne Datenfelder, Begriffe oder Strukturen haben. In Abbildung 2 sind diese Elemente vereinfacht dargestellt.

Die Governance des Datenraums bildet den umschließenden Rahmen der Grafik. Sie legt fest, wer teilnehmen darf, welche Regeln gelten, wie mit Identitäten, Nachweisen, Vereinbarungen und Nutzungsbedingungen umgegangen wird und welche Pflichten die Beteiligten erfüllen müssen.

3.5 Identität und Vertrauen

Die Aspekte Identität und Vertrauen sind für Datenräume zentral. Datenaustausch zwischen Organisationen setzt voraus, dass Teilnehmer eindeutig identifizierbar sind und bestimmte Eigenschaften nachweisen können. Dazu können etwa Mitgliedschaften, Rollen, Zertifizierungen oder Konformitätsnachweise gehören. In modernen Datenraumarchitekturen werden solche Informationen häufig in Form von Claims und verifizierbaren Nachweisen abgebildet. Auf technischer Ebene gewinnen dabei insbesondere das Dataspace Protocol und das Decentralized Claims Protocol an Bedeutung. Das Dataspace Protocol beschreibt grundlegende Interaktionen zwischen Teilnehmern eines Datenraums. Dazu zählen das Auffinden von Daten- und Dienstangeboten, die Verhandlung über deren Nutzung sowie die Einleitung des Zugriffs nach Abschluss einer Vereinbarung. Das Decentralized Claims Protocol ergänzt diese Interaktionen um den Austausch von Identitäts- und Vertrauensnachweisen.

4 INTEROPERABILITÄT UND TECHNISCHE KOPPLUNG VON DATENRÄUMEN

Kapitel 3 hat Datenräume als technisch-organisatorische Rahmenwerke beschrieben, die einen skalierbaren Datenaustausch innerhalb spezifischer Anwendungsdomänen ermöglichen. Wie dargelegt, sind diese Rahmenwerke in domänenspezifische Datenökosysteme eigebettet, die auf einer gemeinsamen Datenraum-Basis eigene Identitätsmodelle, semantische Standards, Governance-Regeln und technische Implementierungen ausprägen, welche auf die Anforderungen der jeweiligen Domäne zugeschnitten sind. Diese domänenspezifische Ausrichtung ist eine Stärke, wird jedoch zur Einschränkung, sobald Anwendungsfälle entstehen, die mehrere Domänen gleichzeitig betreffen.

Eine klassische, zentrale Integration über eine gemeinsame Plattform oder einen zentralen Daten-Hub scheidet dabei aus, weil sie die Datensouveränität der beteiligten Akteure untergräbt und bestehende regulatorische Strukturen ignoriert. Die entscheidende Frage lautet daher:

Wie können Datenräume so gekoppelt werden, dass sektorenübergreifende Datennutzung möglich wird, ohne Datensouveränität und bestehende Governance-Strukturen aufzugeben?

Kopplung bezeichnet in diesem Kontext nicht die Zusammenführung von Datenräumen zu einer gemeinsamen Plattform. Vielmehr meint sie die Einrichtung kontrollierter Verbindungspunkte zwischen ansonsten eigenständigen Datenräumen, über die ein Teilnehmer des einen Datenraums gezielt Daten mit einem Teilnehmer eines anderen Datenraums austauschen kann. Jeder Datenraum behält dabei sein eigenes Identitätsmodell, seine semantischen Standards und seine Governance-Regeln. Gekoppelt werden die Datenräume dabei an definierten Schnittstellen, sie werden nicht verschmolzen.

Um zu verstehen, welche Anforderungen eine solche Kopplung stellt, muss zunächst geklärt werden, was Interoperabilität in diesem Kontext bedeutet. Die entstehende ISO-Norm ISO/IEC DIS 20151-1 (2025) unterscheidet dabei zweierlei:

Interoperabilität innerhalb eines Datenraums

Die Fähigkeit der Teilnehmer, Daten innerhalb eines gemeinsamen Rahmens auszutauschen, entsprechend den in ISO/IEC 19941 beschriebenen Aspekten.

Interoperabilität zwischen Datenräumen

Die Fähigkeit eines Teilnehmers, gemäß den Anforderungen mehrerer Datenräume zu handeln, um Daten mit Teilnehmern anderer Datenräume auszutauschen.

Diese erweiterte Definition macht deutlich, dass Interoperabilität zwischen Datenräumen weit mehr erfordert als kompatible technische Schnittstellen: Datenmodelle, Nutzungsrichtlinien, Identitäten, Vertrauensnachweise und Governance-Regeln müssen zueinander passen oder zumindest wechselseitig zuordnen bzw. übersetzen lassen. Genau hier liegt die eigentliche Komplexität der Kopplung. Während Interoperabilität innerhalb eines Datenraums durch dessen gemeinsamen Rahmen weitgehend sichergestellt ist, müssen zwischen Datenräumen mehrere voneinander unabhängige Ebenen gleichzeitig zusammengeführt werden: eine technische, eine semantische und eine organisatorisch-rechtliche Ebene. Der folgende Abschnitt schlüsselt diese drei Ebenen auf und zeigt, warum sie nur gemeinsam betrachtet werden können.

4.1 Dimensionen von Interoperabilität zwischen Datenräumen

Interoperabilität zwischen Datenräumen ist mehrdimensional. Sie umfasst drei Ebenen, die gemeinsam adressiert werden müssen. Das Fehlen einer einzigen Ebene kann den gesamten Datenaustausch verhindern.

Für Redispatch 3.0 ist diese Mehrdimensionalität besonders relevant, da hier technische, semantische und regulatorische Anforderungen gleichzeitig und von einer Vielzahl heterogener Akteure, Übertragungsnetzbetreiber, Verteilnetzbetreiber, Anlagenbetreiber, Aggregatoren und Marktplattformen, erfüllt werden müssen.

Technische Interoperabilität

Interoperabilität setzt grundsätzlich voraus, dass Datenraum-Konnektoren **sichere Kommunikationskanäle zum Datenaustausch** aufbauen können. Dazu gehören:

- Kompatible Protokollversionen (z. B. Datenraum-Protokollspezifikationen und Schnittstellen)
- Gegenseitige Authentifizierungs- und Autorisierungsmechanismen
- Abgestimmte Sicherheitsstandards und Verschlüsselungsmethoden
- Kompatible Prozesse für Vertragsverhandlungen und Datentransfer

Semantische Interoperabilität

Über die Konnektivität hinaus erfordert Interoperabilität eine **semantische Abstimmung**, damit Daten einheitlich interpretiert und verarbeitet werden können. Diese Ebene ist insbesondere für domänenübergreifende Anwendungsfälle relevant, da Begriffe und Konzepte in verschiedenen Datenökosystemen auch unterschiedlich modelliert und verwendet werden können. Eine einheitliche und konsistente semantische Abstimmung erfordert:

- Gemeinsame Datenmodelle: Beide Datenräume müssen kompatible oder aufeinander abbildbare Datenstrukturen verwenden. Kompatibel heißt nicht identisch aufgebaut, sondern frei voneinander widersprechenden Konzepten.
- Gemeinsame Vokabulare: Einigung über Terminologie und Ontologien
- Metadaten-Standards: Konsistente Ansätze zur Beschreibung von Datenbeständen
- Abstimmung von Einheiten und Formaten: Kompatible Darstellungen von Werten, Datumsangaben, Messwerten usw.
- Mapping-Regeln zwischen domänenspezifischen Modellen

Organisatorische und rechtliche Interoperabilität

Die **organisatorische und rechtliche Abstimmung** ist unerlässlich, um Vertrauen zwischen verschiedenen Parteien herzustellen und regulatorische Vorschriften einzuhalten (De Oliveira et al., 2024). Diese Ebene entscheidet darüber, ob technisch möglicher Datenaustausch zulässig ist und umgesetzt werden darf. Hierzu zählen:

- Kompatible Governance-Regeln, Teilnahmebedingungen, Nutzungsrichtlinien und Vertragslogiken
- Gegenseitige Anerkennung von Vertrauensrahmenwerken und Berechtigungsnachweisen (Identität, Rollen und Credentials)
- Abgestimmte Compliance- und Zertifizierungsanforderungen
- Einhaltung gesetzlicher und regulatorischer Vorschriften
- Datenraumübergreifende Haftungs- und Streitbeilegungsmechanismen
- Standardisierte Rahmenwerke zur Harmonisierung des Datenaustauschs

4.2 Problematiken der Kopplung von Datenräumen

Da branchenspezifische Datenräume immer zahlreicher werden, führt die mangelnde Interoperabilität zwischen ihnen zur Entstehung neuer Datensilos, was die Vision einer einheitlichen europäischen Datenwirtschaft untergräbt. Die zentralen Herausforderungen lassen sich in vier Bereichen zusammenfassen:

Technische Heterogenität

Unterschiedliche Konnektor-Implementierungen (Varianten der Eclipse Dataspace Components, MX-Port als Manufacturing-X-Konnektor, proprietäre Lösungen), variierende Protokollversionen und -erweiterungen sowie abweichende API-Spezifikationen erschweren eine direkte technische Kopplung erheblich. Selbst wenn zwei Datenräume grundsätzlich auf denselben Standards basieren, können unterschiedliche Versionsstände oder domänenspezifische Erweiterungen eine direkte Kommunikation erschweren.

Semantische Inkompatibilität

Branchenspezifische Vokabulare und Ontologien führen dazu, dass überschneidende Konzepte – etwa „Produkt“ im Automobil- versus Energiesektor – unterschiedlich modelliert sind. Dies betrifft nicht nur die tatsächlich ausgetauschten Nutzdaten, sondern bereits die Ebene der Datenangebote und Metadaten: Wenn gleiche Begriffe unterschiedlich belegt sind oder ähnliche Daten mit unterschiedlichen Begriffen beschrieben werden, kann schon die Auffindbarkeit passender Datenangebote erschwert werden. Fehlende domänenübergreifende semantische Mappings machen einen automatisierten Datenaustausch ohne manuelle Übersetzungsarbeit nahezu unmöglich.

Fragmentierung der Governance

Getrennte Vertrauensrahmenwerke, nicht aufeinander abgestimmte Nutzungsrichtlinien sowie unterschiedliche Mitgliedschaftsvoraussetzungen und Zugangsbedingungen erschweren die organisatorische Kopplung. Hinzu kommen Unterschiede in Rechtsprechung und Regulierung, die insbesondere bei grenzüberschreitenden Szenarien relevant werden.

Identität und Vertrauen:

Inkompatible Identitätssysteme und die fehlende gegenseitige Anerkennung von Berechtigungsnachweisen stellen eine grundlegende Hürde dar. Wenn ein Teilnehmer in Datenraum A zertifiziert ist, bedeutet dies nicht automatisch, dass seine Identität und Credentials in Datenraum B anerkannt werden.

4.3 Ansätze zur Kopplung von Datenräumen

Vor dem Hintergrund der beschriebenen Aspekte lassen sich derzeit drei wesentliche Ansätze zur Kopplung von Datenräumen unterscheiden: duale Mitgliedschaft, Data Trustee und technologische Konvergenz. Die Ansätze unterscheiden sich vor allem an der Stelle, an der die Übersetzungs- und Koordinationsleistung erbracht wird: beim einzelnen Teilnehmer, bei einer vermittelnden Instanz oder durch eine stärkere Harmonisierung der beteiligten Datenräume.

Ansatz 1: Duale Mitgliedschaft

Der derzeit pragmatischste Ansatz zur Kopplung zweier Datenräume ist die duale Mitgliedschaft. Dabei nimmt eine Organisation gleichzeitig an beiden Datenräumen teil, erfüllt die jeweiligen Onboarding-, Zertifizierungs- und Governance-Anforderungen und betreibt für jeden Datenraum eine eigene technische Anbindung. So könnte sie etwa eine EDC-Instanz (Eclipse Dataspace Components) für Catena-X und einen MX-Port beziehungsweise eine weitere Konnektor-Instanz für Manufacturing-X betreiben.

Die Kopplung erfolgt in diesem Modell nicht durch eine direkte Konnektor-zu-Konnektor-Kommunikation über Datenraumgrenzen hinweg. Stattdessen agiert die teilnehmende Organisation als Brückenteilnehmer zwischen den Datenräumen. Sie bezieht Daten in Datenraum A nach den dort geltenden technischen, organisatorischen und rechtlichen Regeln und nutzt diese Daten anschließend innerhalb ihrer eigenen Systemlandschaft.

Darauf aufbauend sind zwei Varianten denkbar. In der ersten verarbeitet und transformiert der Brückenteilnehmer die Daten und stellt sie anschließend in Datenraum B als neues Datenangebot bereit. In der zweiten bietet er in Datenraum B eine Dienstleistung an, die auf Informationen basiert, die zuvor aus Datenraum A bezogen wurden. Dabei werden nicht zwingend die ursprünglichen Daten aus Datenraum A weitergegeben. Stattdessen profitieren Teilnehmer in Datenraum B indirekt davon, dass diese Daten in Datenraum A verfügbar waren – denn erst das macht das datenraumübergreifende Serviceangebot möglich.

Die hierfür notwendige Integrations- und Übersetzungslogik liegt vollständig in der Verantwortung des Brückenteilnehmers. Dazu gehören insbesondere die Abbildung von Policies, die semantische Transformation von Datenmodellen, die technische Anpassung von Schnittstellen sowie die Prüfung, ob die Nutzungsbedingungen aus Datenraum A mit der Weitergabe, Weiterverarbeitung oder servicebasierten Nutzung in Datenraum B vereinbar sind.

Der Vorteil dieses Ansatzes liegt darin, dass bestehende Governance- und Betriebsstrukturen der beteiligten Datenräume nicht verändert werden müssen. Jeder Datenraum behält seine eigenen Regeln, Identitätsmechanismen, Zertifizierungsprozesse, Konnektor-Vorgaben und semantischen Standards. Der Preis dafür ist ein erheblicher Zusatzaufwand beim Brückenteilnehmer: Dieser muss mehrere Mitgliedschaften, Identitäten, Konnektoren, Betriebsprozesse, Policies und semantische Abbildungen parallel verwalten. Das Modell eignet sich daher besonders für erste Umsetzungen, Pilotierungen und klar abgegrenzte Anwendungsfälle. Bei vielen Teilnehmern, häufig wechselnden Datenflüssen oder einer Vielzahl unterschiedlicher Datenmodelle ist die Skalierbarkeit jedoch begrenzt.

Bewertung:

✅	**Praxisreife:** Funktional erprobt und kurzfristig umsetzbar, da keine grundlegende Veränderung der beteiligten Datenräume erforderlich ist
✅	**Datensouveränität:** Volle Kontrolle über den Datenaustausch verbleibt beim teilnehmenden Unternehmen; keine Abhängigkeit von externen Intermediären
❌	**Technische Komplexität:** Hoher infrastruktureller Aufwand durch doppelte Konnektor-Instanzen, parallele Betriebsprozesse, separate Zertifizierung und Governance-Anforderungen; keine direkte Konnektor-zu-Konnektor-Kommunikation über Datenraumgrenzen hinweg
⚠️	**Semantik:** Semantische Abbildungen müssen durch den Brückenteilnehmer umgesetzt werden. Dies betrifft insbesondere die Übersetzung zwischen Datenmodellen, Schnittstellen, Begrifflichkeiten und gegebenenfalls unterschiedlichen fachlichen Kontexten der beteiligten Datenräume.
❌	**Skalierbarkeit:** Für einzelne Anwendungsfälle geeignet; begrenzt skalierbar; für kleine und mittlere Unternehmen durch mehrere Datenraum-Anbindungen technisch, organisatorisch und finanziell anspruchsvoll

Tabelle 1: Bewertungsübersicht Ansatz 1 „Duale Mitgliedschaft“

Ansatz 2: Data Trustee als Intermediär

Ein neuartiger und zunehmend diskutierter Ansatz ist der Einsatz eines Data Trustees – einer vertrauenswürdigen Zwischeninstanz, die zwischen zwei oder mehr Datenräumen vermittelt und an deren Schnittstelle die geltenden Richtlinien durchsetzt. Der Data Trustee kann dabei je nach Schwerpunkt auch als Plattform, Gateway-Betreiber oder Datenmarktplatz auftreten. Seine zugrunde liegende architektonische Rolle bleibt jedoch dieselbe: Der Data Trustee überbrückt im Auftrag der Teilnehmer die Lücke zwischen allen Ebenen (technisch, semantisch, organisatorische Governance) und übernimmt jene Funktionen, die für eine sichere und regelkonforme Kopplung der Datenräume erforderlich sind:

- Datenzugang und -vermittlung: Der Data Trustee ermöglicht Organisationen den Zugang zu Daten aus anderen Datenräumen, ohne dass diese selbst Mitglied des jeweiligen Datenraums werden müssen. Er agiert dabei im Auftrag und unter den Bedingungen der beteiligten Parteien.

- Durchsetzung von Nutzungsbedingungen: Der Data Trustee stellt sicher, dass die Nutzungsbedingungen beider Datenräume eingehalten werden – auch wenn diese nicht vollständig deckungsgleich sind. Er übernimmt die Rolle des Policy-Vermittlers und -Durchsetzers an der Schnittstelle.

- Management von Vertrauensbeziehungen: Der Data Trustee verwaltet die Identitäten und Credentials der beteiligten Akteure datenraumübergreifend und stellt sicher, dass Vertrauensanker gegenseitig anerkannt werden. Er fungiert damit als Brücke zwischen unterschiedlichen Trust Frameworks.

- Semantische Übersetzung: Optional kann der Data Trustee auch semantische Mapping-Funktionen übernehmen und sicherstellen, dass Datenmodelle aus Datenraum A in die Semantik von Datenraum B überführt werden.

Dieser Ansatz kann den Aufwand für einzelne Teilnehmer reduzieren und die Kopplung skalierbarer machen. Gleichzeitig entsteht eine neue Vertrauens- und Verantwortungsrolle. Der Data Trustee muss neutral, nachvollziehbar und regelkonform handeln. Haftung, Zertifizierung, Aufsicht und technische Sicherheit müssen klar geregelt sein. Der Ansatz ist daher organisatorisch anspruchsvoll und setzt Vertrauen in die vermittelnde Instanz voraus.

Bewertung:

✗	**Praxisreife:** Bislang kaum operativ erprobt; konzeptionell vielversprechend, aber praktische Umsetzung noch ausstehend
⚠	**Datensouveränität:** Nutzungsbedingungen und Vertrauensmanagement werden an den Trustee delegiert; erfordert hohes Vertrauen in die vermittelnde Instanz und birgt das Risiko neuer Abhängigkeiten
⚠	**Technische Komplexität:** Reduziert den Aufwand für einzelne Teilnehmer erheblich; zentraler Knotenpunkt widerspricht jedoch dem Dezentralisierungsprinzip von Datenräumen (Risiko eines Single Point of Failure)
✓	**Semantik:** Semantische Übersetzung kann zentralisiert beim Trustee erfolgen und muss nicht von jedem Teilnehmer individuell gelöst werden.
✓	**Skalierbarkeit:** Skalierbarkeit ist grundsätzlich gegeben. Haftungsfragen, Zertifizierungsanforderungen und Neutralitätspflichten des Trustees sind jedoch noch weitgehend ungeklärt.

Tabelle 2: Bewertungsübersicht Ansatz 2 „Data Trustee“

Ansatz 3: Technologische Konvergenz

Ein weiterer Ansatz versucht, Interoperabilität herzustellen, indem er die technischen Spezifikationen der zu koppelnden Datenräume aneinander angleicht. Dies umfasst kompatible Protokollversionen und Konnektor-Profile, harmonisierte Identitäts- und Vertrauensrahmenwerke (z. B. eIDAS 2.0), gemeinsame Policy-Modelle sowie abgestimmte semantische Standards für sich überschneidende Domänen (IDS-RAM 4.0). Ziel ist, dass Akteure über Datenraumgrenzen hinweg mit möglichst geringem Integrationsaufwand interagieren können. Im Idealfall werden diese Einigungen bereits bei der Konzeption der zu koppelnden Datenräume erzielt, sodass Interoperabilität von vornherein durch Design gewährleistet wird und nicht nachträglich mühsam hergestellt werden muss. Synchronisierte Aktualisierungszyklen halten die Kompatibilität anschließend dauerhaft auf.

Dieser Ansatz bietet langfristig die strukturell sauberste und skalierbarste Grundlage für Interoperabilität. In der Umsetzung ist er jedoch aufwendig, da er eine enge, kontinuierliche Abstimmung zwischen den beteiligten Datenräumen erfordert. Unterschiedliche Entwicklungszyklen, Governance-Modelle, Domänenanforderungen und Betreiberinteressen können eine vollständige Angleichung erschweren oder verhindern. Technologische Konvergenz ist daher weniger eine kurzfristige Lösung als ein Zielbild für ausgewählte Schnittstellen und

Standards – mit der realistischen Einschränkung, dass sich alle Interoperabilitätsschichten gleichzeitig möglicherweise nie vollständig abdecken lassen.

Bewertung:

✗	**Praxisreife:** In der Praxis bislang nur begrenzt erfolgreich umgesetzt; funktioniert am besten bei gemeinsamer technischer Basis, bei heterogenen Architekturen deutlich schwieriger
✓	**Datensouveränität:** Keine strukturellen Einschränkungen der Datensouveränität; Governance-Hoheit verbleibt vollständig bei den beteiligten Teilnehmern der Datenräume
✗	**Technische Komplexität:** Erfordert enge, kontinuierliche Abstimmung und politischen Willen auf Governance-Ebene; unterschiedliche Entwicklungsgeschwindigkeiten erschweren eine vollständige Angleichung
⚠	**Semantik:** Semantische Harmonisierung bleibt eine eigenständige Herausforderung, selbst bei Protokollkompatibilität
⚠	**Skalierbarkeit:** Langfristig gut geeignet, sobald Konvergenz erreicht ist (skalierbare Interoperabilität, reduziert operativen Aufwand, vermeidet Fragmentierung); bis dahin kein unmittelbarer Nutzen für einzelne Teilnehmer

Tabelle 3: Bewertungsübersicht Ansatz 3 „Technologische Konvergenz“

Hybride Ansätze als pragmatischer Weg in der Praxis

Die vorangegangene Bewertung zeigt, dass die drei Ansätze auf den einzelnen Interoperabilitätsebenen unterschiedlich stark wirken und kein Ansatz alle Ebenen zugleich vollständig und skalierbar abdeckt. Die duale Mitgliedschaft löst Identität, Vertrauen und Governance vollständig, verlagert jedoch die semantische Last auf den Teilnehmer und skaliert nicht. Der Data Trustee bündelt genau diese semantische und organisatorische Last zentral, etabliert dafür aber eine neue Vertrauensinstanz. Die technologische Konvergenz ist strukturell am saubersten, steht praktisch jedoch erst am Ende eines langwierigen Abstimmungsprozesses.

Daraus folgt zweierlei: **Erstens müssen die Ansätze innerhalb eines Anwendungsfalls nicht exklusiv gewählt werden.** Da die Interoperabilitätsebenen weitgehend unabhängig voneinander sind, kann je Ebene der jeweils stärkste Ansatz greifen. Ein ressourcenstarker Akteur kann etwa Identität, Vertrauen und Governance über die duale Mitgliedschaft selbst tragen und zugleich die semantische Übersetzung zwischen den Domänenmodellen einem Data Trustee überlassen. **Zweitens verschiebt sich die sinnvolle Wahl über die Zeit und mit dem Akteurstyp**: Was für einen großen Brückenakteur kurzfristig die naheliegende Lösung ist, ist für ein kleines oder mittleres Unternehmen ungeeignet, und was heute manuelle Integration erfordert, wird langfristig durch Konvergenz auf gemeinsame Standards abgelöst.

Die folgende Tabelle 4 zeigt im Vergleich, welcher Ansatz auf welcher Ebene die stärkste Wirkung entfaltet:

Interoperabilitäts-ebene	Duale Mitgliedschaft	Data Trustee	Technologische Konvergenz
Technisch / Protokoll	✅ sofort wirksam	✅ möglich	✅ langfristig ideal
Semantisch	⚠️ Teilnehmer trägt Last	✅ Zentrali-sierbar	⚠️ langsam
Governance/ Policy	✅ vollständig	✅ delegierbar	⚠️ nur bei voll-ständiger Konvergenz
Identität/ Vertrauen	✅ vollständig	✅ delegierbar	✅ langfristig ideal
Skalierbarkeit	❌ nicht geeignet	✅ geeignet	✅ wenn erreicht

Tabelle 4: Vergleich der Ansätze 1–3

Über das gesamte Ökosystem hinweg ergibt sich daraus eine zeitlich gestaffelte und nach Akteurstyp differenzierte Abfolge:

1. **Kurzfristig**: Große Akteure mit ausreichenden Ressourcen nutzen **duale Mitgliedschaft** als sofort verfügbare Lösung. Sie fungieren als Brückenakteure und sammeln Erfahrungen mit konkreten datenraumübergreifenden Datenflüssen.

2. **Mittelfristig**: **Data Trustees** übernehmen die Integration für ressourcenschwächere Akteure (z. B. kleine und mittlere Unternehmen) sowie für Anwendungsfälle, bei denen semantische Übersetzung oder komplexe Policy-Harmonisierung erforderlich ist.

3. **Langfristig**: **Konvergenz** auf gemeinsame Protokolle, insbesondere das IDSA Dataspace Protocol (DSP), reduziert schrittweise den Integrationsaufwand auf der technischen Ebene und macht duale Mitgliedschaft und Data Trustee für einfache Anwendungsfälle überflüssig. Semantische und Governance-Konvergenz bleiben jedoch strukturell schwieriger und werden längerfristig auf ergänzende Mechanismen angewiesen sein.

Die drei Ansätze sind damit keine Alternativen, sondern zeitlich gestaffelte und schichtenspezifische Komponenten einer gemeinsamen Interoperabilitätsstrategie.

5 BETREIBERMODELLE

5.1 Einführung Betreibermodelle

Datenräume basieren auf einer föderierten Architektur, in der Daten dezentral bei den beteiligten Akteuren verbleiben und kontrolliert bereitgestellt werden. Neben der technischen Infrastruktur umfassen Datenräume auch Regeln, Rollen und Protokolle zur Governance und Steuerung des Datenaustauschs (ISO/IEC, 2025). Vor diesem Hintergrund kommt dem Betreibermodell eines Datenraums eine zentrale Rolle zu. Es beschreibt, wie Verantwortung, Entscheidungsrechte, Interaktionen und Anreizmechanismen innerhalb eines Datenraums ausgestaltet sind. Insbesondere bei der Kopplung mehrerer Datenräume wird deutlich, dass Interoperabilität nicht allein durch technische Standards (d. h. gemeinsame Konnektoren-Logik, Ontologien) erreicht werden kann. Vielmehr erfordert diese Kopplung eine Abstimmung der zugrunde liegenden Governance-Strukturen und der übergreifenden Betreibermodelle.

Die Elemente des Betreibermodells sind die zentralen Governance- und Betriebsbausteine eines Datenraums. Sie zeigen konkret, wie abstrakte Governance-Dimensionen (wie Entscheidungsstrukturen, Interaktionsmechanismen und Anreizsysteme) mittels einer Betreiberinstitution in der Praxis umgesetzt werden.

Die Ausgestaltung einer Betreiberinstitution umfasst typischerweise mehrere Gestaltungsbereiche, die sowohl strategische als auch operative Aspekte des Datenraumbetriebs abdecken (vgl. energy data-x, 2026):

- Mission und Zweck
- Governance und Organisation
- Regelsetzung und Compliance
- Innovation und Weiterentwicklung
- Rechtliche Struktur
- Operative Aufgaben
- Finanzierung und Geschäftsmodell

Für die Kopplung von Datenräumen ist entscheidend, dass diese Bausteine nicht isoliert innerhalb einzelner Datenräume betrachtet werden, sondern hinsichtlich ihrer Kompatibilität und Interoperabilität über Datenräume hinweg analysiert werden müssen. Unterschiede in Mission, Governance-Strukturen oder Regelsetzung können dabei zu erheblichen Integrationsaufwänden führen und stellen zentrale Herausforderungen für die Kopplung dar.

5.2 Kopplung von Datenökosystemen im Kontext von DataFleX

Im Projekt DataFleX steht die Kopplung bestehender Datenökosysteme wie energy data-X, BANULA und Catena-X im Fokus. Entsprechende Lösungsansätze entwickelt das Projekt auf Basis bestehender Initiativen und konzeptioneller Vorarbeiten. Dabei stellen insbesondere das Projekt energy data-X sowie europäische Aktivitäten im Kontext von INSIEME (Integriertes Netzwerk für Datenräume und interoperables Energiemanagement in Europa) zentrale Referenzpunkte dar. Während energy data-X ein konkret implementiertes Betreibermodell für einen national ausgerichteten Energiedatenraum bereitstellt, adressiert INSIEME die föderierte Verknüpfung heterogener Datenräume auf europäischer Ebene.

DataFleX geht der zentralen Frage nach, wie diese Strukturen genutzt werden können, um den Datenaustausch über zwei oder mehrere Datenräume hinweg zu ermöglichen, ohne die bestehenden technischen und organisatorischen Logiken aufzulösen. Dabei ist zu betonen, dass DataFleX selbst keinen eigenen Datenraum darstellt, sondern primär auf energy data-X aufsetzt. DataFleX untersucht, wie Anwendungsfälle innerhalb von energy data-X realisiert werden können, die auf Daten aus anderen Datenräumen (z. B. BANULA, Catena-X) angewiesen sind. Die Kopplung ist somit stets an konkrete Anwendungsfälle und die daraus resultierenden bilateralen Kopplungsbeziehungen gebunden. Daraus folgt, dass die Eignung eines Kopplungsansatzes nicht pauschal, sondern je Anwendungsfall bzw. je Kopplungsbeziehung zu bewerten ist. Anforderungen an Datensensibilität, Austauschfrequenz, beteiligte Rollen und regulatorische Rahmenbedingungen können zwischen den Kopplungen variieren. Zur Untersuchung dieser Anforderungen werden die in Kapitel 4.3 dargelegten Varianten der technischen Kopplung von Datenräumen (1. Duale Mitgliedschaft, 2. Data Trustee und 3. Technologische Konvergenz, vgl. Kapitel 4.3) herangezogen.

Analytischer Bezugsrahmen für Betreibermodelle

Die Ausgestaltung von Betreibermodellen für einzelne Datenräume (d. h. Governance-Strukturen, Rollenmodelle und technische Implementierungen) ist in bestehenden Initiativen (vgl. energy data-X, INSIEME) bereits weitgehend adressiert.

Vor diesem Hintergrund liegt der Fokus im Projekt DataFleX nicht auf der Neugestaltung der Betreibermodelle, sondern auf der systematischen Analyse der Kopplungsfähigkeit bestehender Modelle. Ziel ist es, zu verstehen, welche Anforderungen sich an Governance-Strukturen und Betreiberlogiken ergeben, wenn mehrere Datenräume miteinander interagieren sollen. Dabei ist grundlegend zwischen dem technischen System (Infrastruktur, Konnektoren und Protokolle) und dem sozialen System (Governance, Akteursbeziehungen und Organisationsregeln) zu unterscheiden. Während die technische Interoperabilität oft die Basis bildet, fokussiert dieses Kapitel primär das soziale System, da die eigentliche Herausforderung der Kopplung in der Harmonisierung unterschiedlicher Governance-Logiken und institutioneller Rahmenbedingungen liegt.

Hierzu wird auf Basis von (Liebert & Engert, 2025) ein analytischer Bezugsrahmen aufgestellt, der es erlaubt, die Ansätze 1-3 (vgl. Abschnitt 4.3) in Bezug auf die zugrundeliegende Betreiberlogik vergleichbar zu machen. Folgende vier Dimensionen stehen dabei im Fokus:

- **Struktur** (Structure): beschreibt die organisatorische Ausgestaltung, insbesondere die Anzahl und Rolle von Betreiberinstitutionen sowie den Grad der Zentralisierung
- **Entscheidungsfindung** (Decision-making): umfasst die Verteilung von Entscheidungsrechten, etwa durch Governance-Gremien und Abstimmungsmechanismen
- **Interaktionen** (Interactions): adressiert die Ausgestaltung des Datenaustauschs, insbesondere durch technische und rechtliche Mechanismen wie Policy Enforcement und Vertragslogiken
- **Verhalten** (Behaviour): beschreibt die zugrunde liegenden Anreizstrukturen, etwa in Form von Finanzierungsmodellen oder Kooperationsmechanismen

Diese Dimensionen sind nicht isoliert zu betrachten, sondern bilden ein Spannungsfeld aus sich ergänzenden und gegenüberstehenden Gestaltungsoptionen. Die Wahl bestimmter Ausprägungen in einer Dimension beeinflusst dabei häufig die Ausgestaltung in anderen Dimensionen. Die Verknüpfung von Datenökosystemen steht somit vor der Herausforderung, diese Spannungen auszubalancieren.

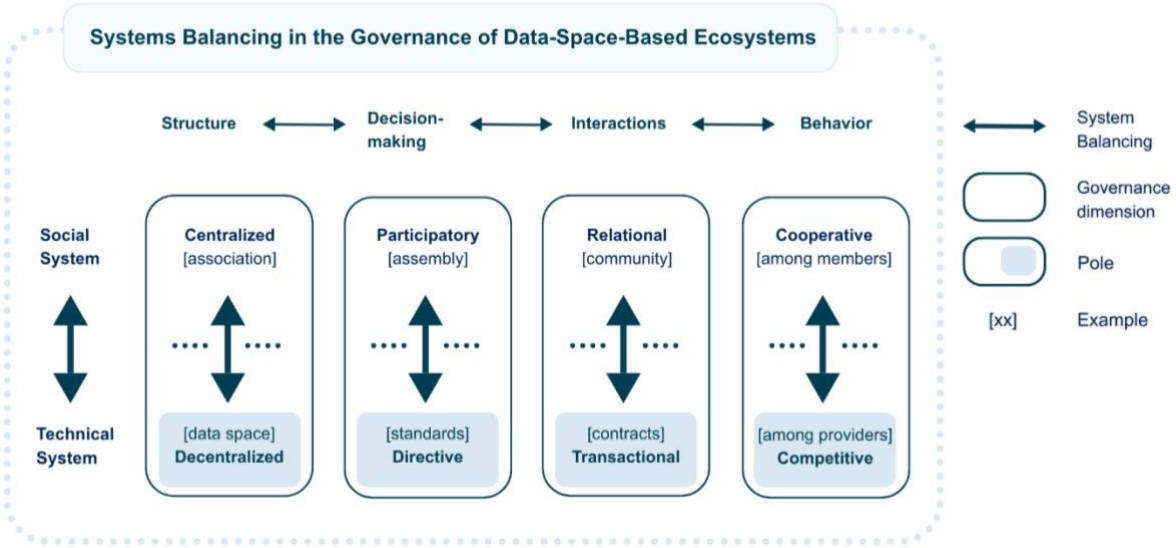


Abbildung 3: System Balancing im Kontext der Governance von Datenraum-basierten Ökosystemen (Liebert & Engert 2025)

Einordnung Betreiberoptionen für gekoppelte Datenräume im Rahmen von DataFleX

Die drei identifizierten Kopplungsansätze (siehe Kapitel 4.3) werden im Folgenden entlang der definierten Governance-Dimensionen analysiert. Ziel ist es, die jeweiligen Implikationen für die Ausgestaltung von Betreibermodellen sowie die daraus resultierenden Trade-offs im Kontext der Datenraumkopplung transparent darzustellen.

Dimension	Duale Mitgliedschaft	Data Trustee	Technologische Konvergenz
Struktur	Zwei vollständig getrennte Betreiberinstitutionen mit jeweils eigenen Governance-, Compliance- und Betriebsstrukturen	Ergänzung um eine intermediäre Instanz, die selektiv Koordinationsfunktionen übernimmt. Bestehende Betreiberinstitutionen bleiben erhalten.	Teilweise oder vollständige Integration der Betreiberstrukturen, z. B. durch gemeinsame Governance-Instanz oder föderierte Organisation
Entscheidungs-findung	Separate Governance-Gremien und Regelwerke; Abstimmung nur bilateral zwischen Akteuren	Teilweise Delegation von Entscheidungsfunktionen (z. B. Policy-Auslegung, Zugriffskontrolle) an den Trustee	Harmonisierung von Governance-Strukturen und Entscheidungsprozessen (z. B. gemeinsame Standards, abgestimmte Gremien)
Interaktionen	Fragmentierte Interaktionen: Unterschiedliche Konnektoren, Policy-Frameworks und Identitätsmodelle müssen individuell integriert werden.	Vermittlung und Übersetzung von Interaktionen (z. B. Policy Mapping, Identity Federation) durch den Trustee	Einheitliche Interaktionslogik durch standardisierte Konnektoren, gemeinsame Policy-Modelle und harmonisierte semantische Standards
Verhalten	Begrenzte Kooperationsanreize zwischen Datenräumen, Fokus auf individuelle Optimierung	Erhöhte Kooperationsbereitschaft durch Vertrauensbildung und Reduktion von Unsicherheiten	Gemeinsame Anreizsysteme und stärkere Ausrichtung auf systemübergreifende Wertschöpfung
Implikationen für die Kopplung im Kontext von DataFleX	• Bestehende Betreibermodelle bleiben unverändert • Erhöhter Abstimmungs-aufwand zwischen den beteiligten Organisationen	• Einführung einer zusätzlichen Data Trustee mit klar definierten Rollen und Verantwortlichkeiten • Festlegung, welche Governance- und Betriebsfunktionen durch den Trustee übernommen	• Abstimmung und teilweise Vereinheitlichung zentraler Betreibermodell-Bausteine (z. B. Governance-Strukturen, Regelwerke, Rollenmodelle) • Entwicklung eines gemeinsamen oder

		werden (z. B. Policy-Vermittlung, Vertrauensfunktionen) • Entwicklung eines übergreifenden Regelwerks für die Interaktion mit dem Trustee • Anpassung bestehender Betreibermodelle zur Integration des Trustees in bestehende Prozesse und Strukturen • Teilweise Bündelung ausgewählter Governance-Funktionen	kompatiblen Governance-Frameworks • Abstimmung oder Integration von Betreiberfunktionen und Zuständigkeiten • Harmonisierung von Anreiz- und Finanzierungsmechanismen • Anpassung bestehender Datenräume an eine gemeinsame Zielarchitektur

Für DataFleX ergibt sich, dass die Betreibermodell-Kopplung nicht auf Ebene des Gesamtprojekts analysiert wird, sondern entlang der einzelnen Anwendungsfälle: Für jede Kopplungsbeziehung zwischen energy data-X und einem weiteren Datenraum ist zu prüfen, welcher der drei Ansätze die Anforderungen des jeweiligen Anwendungsfalls am besten adressiert. So kann etwa für einen Anwendungsfall mit hohem Vertrauensbedarf ein Data Trustee geeignet sein, während für punktuelle Datenabrufe eine duale Mitgliedschaft hinreichend ist. Der entwickelte Bezugsrahmen dient dabei als Bewertungsraster, um diese anwendungsfallspezifischen Kopplungsentscheidungen systematisch und nachvollziehbar zu treffen. Eine vollständige Übersicht des analytischen Bezugsrahmens findet sich in Anhang 1.

6 AUSBLICK

Die in diesem Whitepaper analysierten Anwendungsfälle und Architekturoptionen verdeutlichen: Die Kopplung von Datenräumen ist technisch realisierbar, scheitert in der Praxis jedoch häufig an unzureichend abgestimmten Governance-Strukturen, fehlenden Vertrauensmechanismen und mangelnden Anreizen zur Beteiligung. Gleichzeitig zeigen die diskutierten Kopplungsansätze – duale Mitgliedschaft, Data Trustee und technologische Konvergenz –, dass keine universelle Lösung existiert. Welcher Ansatz geeignet ist, hängt vom konkreten Anwendungsfall, den beteiligten Akteuren und den jeweiligen Governance-Strukturen ab.

Für die Praxis zeichnet sich daher ein hybrides Vorgehen ab, bei dem die Ansätze je nach Interoperabilitätsebene, Akteurstyp und Reifegrad kombiniert werden: kurzfristig die duale Mitgliedschaft als sofort umsetzbare Brückenlösung, mittelfristig der Data Trustee zur Entlastung ressourcenschwächerer Akteure und langfristig die Konvergenz auf gemeinsame Protokolle und Standards. Das Projekt DataFleX wird diese Ansätze anhand konkreter Kopplungsbeziehungen zwischen energy data-X, BANULA und Catena-X weiter erproben und bewerten.

Konkrete Handlungsempfehlungen für die Umsetzung gekoppelter Datenräume im Energiesystem, von der Ausgestaltung geeigneter Betreiber- und Trustee-Modelle über die Harmonisierung semantischer Standards bis hin zu regulatorischen Rahmenbedingungen, werden im zweiten Teil dieses Whitepapers abgeleitet.

Bibliografie

Adner, R. (2017). Ecosystem as Structure: An Actionable Construct for Strategy. *Journal of Management*, *43*(1), 39–58. https://doi.org/10.1177/0149206316678451

Atzori, M., Ciaramella, A., Diamantini, C., Martino, B. D., Distefano, S., Facchinetti, T., Montecchiani, F., Nocera, A., Ruffo, G., & Trasarti, R. (2023). *Dataspaces: Concepts, Architectures and Initiatives*. *3606*. Scopus.

Bacco, M., Kocian, A., Chessa, S., Crivello, A., & Barsocchi, P. (2024). What are data spaces? Systematic survey and future outlook. *Data in Brief*, *57*, 110969. https://doi.org/10.1016/j.dib.2024.110969

Black, S., Davern, M., Maynard, S. B., & Nasser, H. (2023). Data governance and the secondary use of data: The board influence. *Information and Organization*, *33*(2), 100447. https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2023.100447

Catena-X. (2026). *Overview Standards | Catena-X - Library*. https://catenax-ev.github.io/docs/standards/overview

DalleMule, L., & Davenport, T. H. (2017). *What's Your Data Strategy?* https://hbr.org/2017/05/whats-your-data-strategy

De Oliveira, V. J., Silva, P., & Moreira, J. (2024). Towards Legal Interoperability in International Data Spaces: *Proceedings of the 26th International Conference on Enterprise Information Systems*, 232–239. https://doi.org/10.5220/0012699600003690

Elsaify, M., & Hasan, S. (2021). Data exchanges among firms. *Digital Business*, *1*(2), 100010. https://doi.org/10.1016/j.digbus.2021.100010

Energy data-x. (2026). *Das Datenökosystem für die Energiewirtschaft*. Energy data-X. https://www.energydata-x.eu/en/

Grover, V., Chiang, R. H. L., Liang, T.-P., & Zhang, D. (2018). Creating Strategic Business Value from Big Data Analytics: A Research Framework. *Journal of Management Information Systems*, *35*(2), 388–423. https://doi.org/10.1080/07421222.2018.1451951

Günther, W. A., Rezazade Mehrizi, M. H., Huysman, M., Deken, F., & Feldberg, F. (2022). Resourcing with data: Unpacking the process of creating data-driven value propositions. *The Journal of Strategic Information Systems*, *31*(4), 101744. https://doi.org/10.1016/j.jsis.2022.101744

Heinbach, C., Stecenko, C., Schorr, P., & Wieker, H. (2025). Auf dem Weg zur digitalen Föderation – Ein Vorgehensmodell für die Realisierung von dezentralen Datenräumen mit Gaia-X. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, *62*(3), 633–655. https://doi.org/10.1365/s40702-024-01125-9

IDSA. (2023, Februar 27). *International Data Spaces Association / IDS-RAM_4_0*. https://github.com/International-Data-Spaces-Association/IDS-RAM_4_0

IDSA. (2025). *International Data Space Association*. International Data Spaces. https://internationaldataspaces.org/

ISO/IEC. (2025). *ISO/IEC DIS 20151-1 Information technology—Cloud computing and distributed platforms—Dataspace concepts and characteristics*.

Konopik, J. (2025). Digital Infrastructure in Healthcare: A Business Model Taxonomy for Data Ecosystems. *Proceedings. 10*. ICIS 2025. https://aisel.aisnet.org/icis2025/is_health/ishealthcare/10/?utm_source=aisel.aisnet.org%2Ficis2025%2Fis_health%2Fishealthcare%2F10&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages

Lefebvre, H., Krasikov, P., Legner, C., & Flourac, G. (2025). Data management as a joint value proposition—A design theory for horizontal data sharing communities. *Electronic Markets*, *35*(1), 21. https://doi.org/10.1007/s12525-025-00755-1

Li, X., Li, B., & Yang, Z. (2025). The Dark Side of Voluntary Data Sharing. *MIS Quarterly*, *49*(1), 155–178. https://doi.org/10.25300/MISQ/2024/18829

Liebert, P., & Engert, S. P. (2025). Managing Tensions in Digital Ecosystem Governance Through Systems Balancing. *Proceedings. 8*. ICIS 2025.

Püchel, L., Wang, C., Buhmann, K., Brandt, T., Von Schweinitz, F., Edinger-Schons, L. M., Vom Brocke, J., Legner, C., Teracino, E., & Mardahl, T. D. (2024). On the Pivotal Role of Data in Sustainability Transformations: Challenges and Opportunities. *Business & Information Systems Engineering*, *66*(6), 831–848. https://doi.org/10.1007/s12599-024-00904-4

Regulation (EU) 2023/1804 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on the Deployment of Alternative Fuels Infrastructure, and Repealing Directive 2014/94/EU (Text with EEA Relevance), 234 OJ L (2023). http://data.europa.eu/eli/reg/2023/1804/oj

S. Oliveira, M. I., Barros Lima, G. D. F., & Farias Lóscio, B. (2019). Investigations into Data Ecosystems: A systematic mapping study. *Knowledge and Information Systems*, *61*(2), 589–630. https://doi.org/10.1007/s10115-018-1323-6

Vial, G. (2023). Data governance and digital innovation: A translational account of practitioner issues for IS research. *Information and Organization*, *33*(1), 100450. https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2023.100450

Über das Konsortium DataFleX

Acht Partner aus Energiewirtschaft, Mobilität, IT und Forschung arbeiten im Rahmen von DataFleX gemeinsam an der digitalen Integration dezentraler Flexibilitäten und der Entwicklung neuer Marktmodelle für eine vernetzte Energiewelt. Beteiligt sind Avacon Netz, d-fine, Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE), Forschungsgemeinschaft für elektrische Anlagen und Stromwirtschaft (FGH), Fraunhofer IEE, Fraunhofer FIT, Fraunhofer IAO, Fraunhofer IOSB AST, Siemens, TransnetBW und TenneT Germany (Konsortialführung). Gemeinsam entwickeln sie Lösungen, die die Integration bisher ungenutzter Flexibilitäten ermöglichen und neue Marktmodelle für eine dezentrale, digitale Energiewelt schaffen.

Förderung

DataFleX wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages und finanziert von der europäischen Union.

Fachliche Ansprechpersonen

Dario Klapp
Fraunhofer IEE
E: dario.klapp@iee.fraunhofer.de

Dr. Tobias Kranz
Fraunhofer FIT
E: tobias.kranz@fit.fraunhofer.de

© 2026 DataFleX | TenneT TSO GmbH

Finanziert von der Europäischen Union NextGenerationEU
Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages