

# **IEA International Smart Grid Action Network (ISGAN) Annex 6: Übertragungs- und Verteilsysteme für Elektrizität**

Arbeitsperiode 2023 - 2024

Berichte aus Energie- und Umweltforschung 30/2026

## **Impressum**

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur,  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:

Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien

Leitung (interimistisch): DI (FH) Isabella Warisch

Kontakt zu „IEA Forschungskooperation“: Mag.<sup>a</sup> Sabine Mitter

Autorinnen und Autoren:

Barbara Herndler MSc, D.I. Helfried Brunner MSc

AIT- Austrian Institute of Technology GmbH

Ein Projektbericht gefördert im Rahmen von



Wien, 2026. Stand: Jänner 2025

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an  
[iii3@bmimi.gv.at](mailto:iii3@bmimi.gv.at).

**Disclaimer:**

Dieser Ergebnisbericht wurde von der Fördernehmer:in erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität sowie die barrierefreie Gestaltung der Inhalte übernimmt das Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) keine Haftung.

Mit der Übermittlung der Projektbeschreibung bestätigt die Fördernehmer:in ausdrücklich, über sämtliche für die Nutzung erforderlichen Rechte – insbesondere Urheberrechte, Leistungsschutzrechte sowie etwaige Persönlichkeitsrechte abgebildeter Personen – am bereitgestellten Bildmaterial zu verfügen.

Die Fördernehmer:in räumt dem BMIMI ein unentgeltliches, nicht ausschließliches, zeitlich und örtlich unbeschränktes sowie unwiderrufliches Nutzungsrecht ein, das übermittelte Bildmaterial in allen derzeit bekannten sowie künftig bekannt werdenden Nutzungsarten für Zwecke der Berichterstattung, Dokumentation und Öffentlichkeitsarbeit im Zusammenhang mit der geförderten Maßnahme zu verwenden, insbesondere zur Veröffentlichung in Printmedien, digitalen Medien, Präsentationen und sozialen Netzwerken.

Für den Fall, dass Dritte Ansprüche wegen einer Verletzung von Rechten am übermittelten Bildmaterial gegen das BMIMI geltend machen, verpflichtet sich die Fördernehmer:in, das BMIMI vollständig schad- und klaglos zu halten. Dies umfasst insbesondere auch die Kosten einer angemessenen rechtlichen Vertretung sowie etwaige gerichtliche und außergerichtliche Aufwendungen.

## **Vorbemerkung**

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts im Rahmen der IEA Forschungsk Kooperation. Es wurde vom Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) initiiert, um österreichische Forschungsbeiträge zu den Kooperationsprojekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu unterstützen.

Die IEA Forschungsk Kooperationen umfassen eine breite Palette an Energiethemen mit dem Ziel Energiesysteme, Städte, Mobilitäts- und Industriesysteme fit für eine nachhaltige Zukunft bis 2050 zu machen. Auch Themen wie Gendergerechtigkeit oder Ressourcen- und Kreislaufwirtschaftsaspekte werden berücksichtigt.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen und Unternehmen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch die vielen IEA-Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und neue internationale Standards. Auch in der Marktumsetzung konnten richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Daher werden alle Berichte nach dem Open Access Prinzip in der Schriftenreihe des BMIMI über die Plattform [nachhaltigwirtschaften.at](https://www.nachhaltigwirtschaften.at) veröffentlicht.



# Inhalt

<b>1 Kurzfassung</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Abstract</b> .....	<b>10</b>
<b>3 Ausgangslage</b> .....	<b>13</b>
<b>4 Projektinhalt</b> .....	<b>17</b>
<b>5 Ergebnisse</b> .....	<b>20</b>
5.1 Überblick über Zweck, Umfang und Methodik.....	20
5.2 Wichtige Erkenntnisse aus Pilotprojekten .....	22
5.2.1 Verbesserte Koordination zwischen ÜNB und VNB .....	24
5.2.2 Technologische Innovation und Integration .....	26
5.2.3 Kundenbindung .....	28
5.2.4 Fortschrittliche IKT-Tools als Wegbereiter für Smart-Grid-Lösungen und die Koordination von Interessengruppen.....	30
5.2.5 Datenaustausch, Standardisierung und Interoperabilität.....	33
5.2.6 Entwicklung von Marktmechanismen für Flexibilität: Präqualifizierung, Beschaffung und Aktivierung.....	34
5.2.7 Regulatorische und politische Rahmenbedingungen.....	37
5.3 Erkenntnisse aus Stakeholder-Engagements .....	39
5.3.1 Zusammenfassung der internationalen Umfrage .....	39
5.3.2 Stakeholder-Workshop .....	42
5.3.3 Expert:innen-Interviews .....	46
<b>6 Vernetzung und Ergebnistransfer</b> .....	<b>52</b>
<b>7 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen</b> .....	<b>54</b>
7.1 Schlussfolgerungen aus dem Projekt .....	54
7.2 Empfehlungen für die österreichische FTI-Politik.....	57
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>58</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>59</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>60</b>
<b>Abkürzungen</b> .....	<b>60</b>
<b>Anhang</b> .....	<b>62</b>

# 1 Kurzfassung

## **Motivation**

Das Elektrizitätssystem befindet sich in einem bedeutenden Wandel, der durch die zunehmende Integration erneuerbarer Energiequellen, die weit verbreitete Einführung dezentraler Erzeugungstechnologien und die Fortschritte bei der Digitalisierung und Automatisierung vorangetrieben wird. Das Netz, das traditionell durch einen unidirektionalen Stromfluss von zentralen Kraftwerken zu den Verbraucher:innen gekennzeichnet war, entwickelt sich zu einem dynamischen, bidirektionalen System. Verteilte Energieressourcen (Distributed Energy Resources, DERs) wie Solaranlagen auf Dächern, Windturbinen, Elektrofahrzeuge und Batteriespeicher spielen eine immer wichtigere Rolle, da sie Strom näher am Verbrauchsort erzeugen und den Netzbetrieb beeinflussen. Gleichzeitig verändern die Dekarbonisierungsziele und die Elektrifizierung von Sektoren wie Verkehr und Heizung die Energienachfragemuster und führen zu neuen Spitzen und Schwankungen im Stromverbrauch. Dieser Wandel erfordert eine verstärkte Koordinierung zwischen den Beteiligten, um sicherzustellen, dass das System zuverlässig, flexibel und effizient bleibt und gleichzeitig die komplexen Wechselwirkungen zwischen lokalen und großtechnischen Energieressourcen berücksichtigt.

## **Projekthalt und -zielsetzung**

Ziel dieses Berichts ist es, einen umfassenden Überblick über die Erfahrungen und Erkenntnisse aus globalen Pilotprojekten im Bereich der Bereitstellung von Flexibilität für ein koordiniertes Kapazitätsmanagement durch Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber zu geben. Das übergeordnete Ziel ist es, einen ganzheitlichen Überblick über die laufenden Entwicklungen bei der Integration von Flexibilität zu geben und wertvolle Erkenntnisse darüber zu liefern, wie diese Projekte die Zukunft des Betriebs von Übertragungs- und Verteilnetzen gestalten. Der Bericht hebt die wichtigsten Erkenntnisse hervor und zeigt die wichtigsten Herausforderungen in verschiedenen Schlüsselbereichen auf, darunter technische, informations- und kommunikationstechnische (IKT), wirtschaftliche und marktbezogene sowie regulatorische Aspekte.

## **Methodik**

Die Methodik und der Ansatz zur Sammlung der Informationen basieren auf einer umfassenden Projekt- und Literaturübersicht, die durch Erkenntnisse aus der Einbindung von Interessengruppen, einschließlich einer Umfrage, eines internationalen Workshops und von Expert:inneninterviews, ergänzt wurde. Die Projekt- und Literaturübersicht dient als Grundlage und bietet einen Überblick über das öffentlich verfügbare Material (Vorträge, wissenschaftliche Veröffentlichungen, Präsentationen usw.) aus abgeschlossenen Projekten. Die Umfrage zielte darauf ab, Daten von Interessensvertretern im Energiesektor auf der Grundlage ihrer jüngsten Erfahrungen aus Pilotprojekten zu sammeln. Sie konzentrierte sich auf die Effektivität, die Herausforderungen und die Vorteile von Flexibilitätslösungen sowie auf die Interaktion zwischen den Akteur:innen unter technischen, wirtschaftlichen und regulatorischen Aspekten. Darüber hinaus ermöglichte der Workshop eingehende Diskussionen zwischen den Akteur:innen, den Austausch von Ideen und die Identifizierung neuer

Trends. Ziel des Workshops war es, den Dialog über kritische Themen zu fördern, Erfahrungen aus Pilotprojekten auszutauschen und bewährte Verfahren aufzuzeigen. Zu den wichtigsten Themen gehörten technische Herausforderungen bei der Flexibilitätsmodellierung, die Rolle der Informations- und Kommunikationstechnologien, der Datenaustausch und die Cybersicherheit. Auch wirtschaftliche, marktbezogene, standardisierte, interoperable und regulatorische Aspekte wurden diskutiert, insbesondere im Hinblick auf die Interaktion zwischen Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) und Verteilnetzbetreiber (VNB). Der Workshop schloss mit einer Analyse zukünftiger Arbeiten und strategischer Aussichten, die wertvolle Erkenntnisse für die weitere Integration von Flexibilität in Stromsysteme bieten. Darüber hinaus wurden Expert:inneninterviews durchgeführt, um eingehende Perspektiven von führenden Expert:innen auf diesem Gebiet zu sammeln. Die Expert:innen berichteten über ihre Erfahrungen, Herausforderungen und Strategien und verbanden dabei ihr theoretisches Wissen mit praktischen Erkenntnissen.

### **Ergebnisse und Schlussfolgerungen**

Die Studie zeigt, dass eine verbesserte Koordination zwischen ÜNB und VNB die Netzstabilität und -effizienz erheblich verbessert. Zu den wichtigsten Ergebnissen gehören:

#### **1. Verbesserte ÜNB-VNB-Koordination**

- Stärkung der Zusammenarbeit zwischen Übertragungsnetzbetreibern, Verteilernetzbetreibern und anderen Akteuren, um die Netzeffizienz zu optimieren, Flexibilitätsressourcen zu maximieren und die Systemresilienz zu erhöhen.

#### **2. Investitionen in Technologie und deren Integration**

- Vorrangige Investitionen in fortschrittliche Netztechnologien und nahtlose Integration zur Verbesserung von Flexibilität, Digitalisierung und Effizienz.
- Sicherstellung der Einhaltung von Cybersicherheits- und Datenschutzstandards (wie Datenschutzgrundverordnung) bei gleichzeitiger Verbesserung der Interoperabilität.

#### **3. Marktmechanismen für Flexibilität**

- Entwicklung von Flexibilitätsmärkten mit dynamischer Preisgestaltung, Gebotsstapelung und Gebotsweiterleitung, damit ÜNB und VNB Netzdienstleistungen effizient beschaffen können.
- Einführung standardisierter Präqualifikations- und Anreizstrukturen, um die Beteiligung von Anbietern dezentraler Energieressourcen, Aggregatoren und Dienstleistungsanbietern zu erhöhen.

#### **4. Regulatorische und politische Rahmenbedingungen**

- Schaffung klarer und zukunftsorientierter regulatorischer Rahmenbedingungen, die Innovation und Marktstabilität fördern.
- Aktualisierung der Netzkodizes, um die sich entwickelnden Rollen von ÜNB und VNB widerzuspiegeln und innovative Koordinierungsmodelle einzuführen.

- Ermöglichung kontrollierter Testumgebungen durch regulatorische Flexibilitätsmechanismen, regulatorische Sandboxes und experimenteller Rahmen.

### **5. Einbeziehung von Interessengruppen und Verbraucher:innen**

- Erhöhung der Beteiligung an den Flexibilitätsmärkten durch Sensibilisierungskampagnen, Anreize und benutzerfreundliche Schnittstellen.
- Einführung dynamischer Tarife und transparente Kommunikation, um das Engagement der Verbraucher:innen, die Energiekompetenz und die Beteiligung der Prosumenten zu verbessern.

### **6. Kontinuierliches Lernen und Wissensaustausch**

- Förderung des kontinuierlichen Lernens, der Zusammenarbeit mit der Industrie und des Wissensaustauschs durch Workshops, Umfragen und Expert:innenbefragungen.
- Regelmäßige Bewertung internationaler Pilotprojekte zur Verfeinerung von Marktmodellen, Betriebsstrategien und neuen Technologien.

### **Ausblick**

Die künftige Energiewende erfordert verbesserte Flexibilitätsmärkte, um eine hohe Durchdringung mit erneuerbaren Energien und eine umfassende Elektrifizierung zu ermöglichen. Forschung und Industrie sollten sich darauf konzentrieren, die Beschaffungsmethoden zu verfeinern, die bidirektionale Echtzeitkoordination zwischen Netzbetreibern zu ermöglichen und die Sektorkopplung für die Interoperabilität von Multi-Energie-Systemen voranzutreiben. Zu den wichtigsten Voraussetzungen gehören KI-gestützte Optimierung, und Echtzeit-Analysen zur Verbesserung der Effizienz und des Systemausgleichs. Die regulatorischen Rahmenbedingungen müssen sich weiterentwickeln, um Innovationen zu unterstützen und gleichzeitig Zuverlässigkeit, Sicherheit und Markttransparenz zu gewährleisten. Um Ineffizienzen zu vermeiden, ist eine Harmonisierung der Politik in den verschiedenen Regionen unerlässlich, während Pilotprojekte neue Lösungen validieren und skalieren werden. Um ein widerstandsfähiges, nachhaltiges und optimiertes Energiesystem zu erreichen, sind koordinierte Anstrengungen von politischen Entscheidungsträgern, Regulierungsbehörden, ÜNB, VNB, Aggregatoren, Marktteilnehmer:innen und Verbrauchern erforderlich.

# 2 Abstract

## **Motivation**

The electricity system is undergoing a significant transformation driven by the increasing integration of renewable energy sources, widespread adoption of decentralized generation technologies, and advancements in digitalization and automation. Traditionally characterized by a unidirectional flow of electricity from centralized power plants to consumers, the grid is evolving into a dynamic, bidirectional system. Distributed energy resources (DERs), such as rooftop solar panels, wind turbines, electric vehicles, and battery storage, are playing an increasingly prominent role, generating electricity closer to consumption points and impacting grid operations. Simultaneously, decarbonization goals and the electrification of sectors like transportation and heating are reshaping energy demand patterns and introducing new peaks and variability. This shift requires enhanced coordination among stakeholders to ensure that the system remains reliable, flexible, and efficient, while also accommodating the complex interactions of local and large-scale energy resources.

## **Project Contents and Objectives**

The purpose of this report is to provide a comprehensive overview related to the experience and insights gained from global pilot projects in the field of providing flexibility for coordinated capacity management by transmission and distribution system operators. The overall goal is to provide a holistic overview of the ongoing developments in the integration of flexibility, offering valuable insights into how these projects are shaping the future of transmission and distribution network operations. The report highlights the key lessons learned and identifies the primary challenges across several key areas, including, Technical, Information and Communication Technology (ICT), Economic and market-related, and Regulatory aspects.

## **Methodology**

The methodology and approach to collect the information are based on a comprehensive project and literature review, complemented by insights gathered from stakeholder engagements, including a survey, international workshop, and expert interviews. The project and literature review serve as the foundation, providing an overview of the publicly available material (deliverables, scientific publications, presentations, etc.) from concluded projects. The survey aimed to gather data from stakeholders in the energy sector based on their recent experiences from pilot projects. It focused on the effectiveness, challenges, and benefits of flexibility solutions and stakeholder interaction across technical, economic, and regulatory aspects. Furthermore, the hosted workshop facilitated in-depth discussions among stakeholders, allowing for the exchange of ideas and identification of emerging trends. It aimed to foster dialogue on critical topics, share experiences from pilot projects, and highlight best practices. Key themes included technical challenges in flexibility modelling, the role of information and communication technologies, data exchange, and cybersecurity. Economic, market, standardization, interoperability, and regulatory aspects were also discussed, particularly concerning TSO-DSO interactions. The workshop concluded with an analysis of future work and stra-

tegic outlooks, offering valuable insights for the continued integration of flexibility in power systems. In addition, expert interviews were conducted to gather in-depth perspectives from leading experts in the field. The experts shared their experiences, challenges, and strategies, combining their theoretical knowledge with practical insights.

## **Results and Conclusions**

The study highlights that improved TSO-DSO-stakeholder coordination significantly enhances grid stability and efficiency. Key findings include:

### **1. Enhanced TSO-DSO Coordination**

- Strengthen cooperation among transmission system operators (TSOs), distribution system operators (DSOs), and other stakeholders to optimize grid efficiency, maximize flexibility resources, and enhance system resilience.

### **2. Investment in Technology and Integration**

- Prioritize investment in advanced grid technologies and seamless integration to enhance flexibility, digitalization, and efficiency.
- Ensure compliance with cybersecurity and data protection (GDPR) standards while enabling interoperability.

### **3. Market Mechanisms for Flexibility**

- Develop flexibility markets with dynamic pricing, bid stacking, and bid forwarding to allow TSOs and DSOs to efficiently procure ancillary services.
- Introduce standardized pre-qualification and incentive structures to increase participation from decentralized energy resource (DER) providers, aggregators, and service providers.

### **4. Regulatory and Policy Frameworks**

- Establish clear and forward-looking regulatory frameworks that foster innovation and market stability.
- Update network codes to reflect evolving TSO-DSO roles and deploy innovative coordination models.
- Enable controlled testing environments through regulatory flexibility mechanisms regulatory sandboxes and experimental frameworks.

### **5. Stakeholder and Consumer Engagement**

- Increase participation in flexibility markets through awareness campaigns, incentives, and user-friendly interfaces.
- Implement dynamic tariffs and transparent communication to enhance consumer engagement, energy literacy, and prosumer involvement.

### **6. Continuous Learning and Knowledge Sharing**

- Promote ongoing learning, industry collaboration, and knowledge exchange through workshops, surveys, and expert interviews.
- Regularly assess international pilot projects to refine market models, operational strategies, and emerging technologies.

## **Outlook**

The future energy transition demands enhanced flexibility markets to integrate high renewable energy penetration and widespread electrification. Research and industry efforts should focus on refining procurement methods, enabling real-time bidirectional coordination between grid operators, and advancing sector coupling for multi-energy system interoperability. Key enablers include AI-

driven optimization, and real-time analytics to enhance efficiency and system balancing. Regulatory frameworks must evolve to support innovation while ensuring reliability, security, and market transparency. Policy harmonization across regions is essential to prevent inefficiencies, while pilot projects will validate and scale new solutions. Achieving a resilient, sustainable, and optimized energy system requires coordinated efforts from policymakers, regulators, TSOs, DSOs, aggregators, market participants, and consumers.

# 3 Ausgangslage

Das Stromsystem befindet sich in einem tiefgreifenden Wandel, der durch die zunehmende Integration erneuerbarer Energiequellen, die weit verbreitete Einführung dezentraler Erzeugungstechnologien und die Fortschritte bei der Digitalisierung und Automatisierung vorangetrieben wird. Traditionell gekennzeichnet durch einen unidirektionalen Stromfluss von zentralen Kraftwerken zu den Verbraucher:innen, entwickelt sich das Netz zu einem dynamischen, bidirektionalen System. Dezentrale Energieressourcen (DERs) wie Solarmodule auf Dächern, Windturbinen, Elektrofahrzeuge und Batteriespeicher spielen eine immer wichtigere Rolle, da sie Strom näher an den Verbrauchsstellen erzeugen und zum Netzbetrieb beitragen. Gleichzeitig verändern die Dekarbonisierungsziele und die Elektrifizierung von Sektoren wie Verkehr und Wärme die Energienachfragemuster und führen zu neuen Spitzen und Variabilitäten. Dieser Wandel erfordert eine verbesserte Koordination zwischen den Beteiligten, um sicherzustellen, dass das System zuverlässig, flexibel und effizient bleibt und gleichzeitig den komplexen Wechselwirkungen zwischen lokalen und großflächigen Energieressourcen gerecht wird.

## **ÜNB-VNB-Koordination in Evolving Power Systems**

Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) und Verteilnetzbetreiber (VNB) spielen beim Betrieb moderner Stromnetze unterschiedliche, aber zunehmend miteinander verknüpfte Rollen. Die Koordination von ÜNB und VNB bezieht sich im Allgemeinen auf die kollaborativen Prozesse, die erforderlich sind, um einen effizienten, stabilen und flexiblen Netzbetrieb zu gewährleisten. Im Zuge der Weiterentwicklung der Energielandschaft spielen jedoch auch andere Interessengruppen, darunter Energieerzeuger, Prosumern, Technologieanbieter, Regulierungsbehörden und Marktteilnehmer, eine entscheidende Rolle bei der Gestaltung der Netzdynamik. Die zunehmende Verbreitung erneuerbarer Energiequellen und die Dezentralisierung der Stromerzeugung haben die Interdependenz zwischen den ÜNB, verantwortlich für die Höchstspannungsübertragungsnetze, und den VNB, zuständig für Hoch-, Mittel- und Niederspannungsverteilnetze, verschärft. Eine effektive Koordination zwischen diesen Interessengruppen ist entscheidend, um die Zuverlässigkeit des Netzes aufrechtzuerhalten, die Energieflüsse zu optimieren und lokale Ressourcen in den breiteren Systembetrieb zu integrieren und gleichzeitig sicherzustellen, dass Marktmechanismen, regulatorische Rahmenbedingungen und technologische Fortschritte mit den Anforderungen des sich entwickelnden Stromsystems übereinstimmen.

## **Rollen und Verantwortlichkeiten**

Die ÜNB sind verantwortlich für Planung und das Management von Höchstspannungsübertragungsnetzen, die Sicherstellung der Systemstabilität durch Frequenzregelung, Engpassmanagement und den Echtzeit-Ausgleich von Stromangebot und -nachfrage in großem Maßstab. VNB beaufsichtigen Hoch-, Mittel- und Niederspannungsverteilnetze, liefern Strom an die Endverbraucher:innen und integrieren dezentrale Energieressourcen (DERs) und ermöglichen eine effiziente Energieversor-

gung auf lokaler und regionaler Ebene. Diese unterschiedlichen Rollen überschneiden sich nun zunehmend (aufgrund von Faktoren wie der Zunahme von DERs, der Elektrifizierung von Sektoren, dezentralem Netzbetrieb und Fortschritten bei der Digitalisierung), was koordinierte Ansätze erfordert, um einen reibungslosen Betrieb auf allen Ebenen des Netzes zu gewährleisten. Neben den ÜNB und VNB tragen noch weitere Interessenträger erheblich zum effizienten Funktionieren des Elektrizitätssystems bei. Energieerzeuger, darunter große Betreiber:innen erneuerbarer Energien und kleine Prosumer, speisen variablen und dezentralen Strom in das Netz ein, was eine Abstimmung zwischen Produktion und Netzmanagement erfordert. Technologieanbieter liefern fortschrittliche Tools für den Datenaustausch, die Netzüberwachung und Flexibilitätsdienste, die eine Betriebskoordination in Echtzeit ermöglichen. Regulierungsbehörden und politische Entscheidungsträger:innen legen die Rahmenbedingungen für die Interaktion mit Interessengruppen fest, während Marktteilnehmer:innen Transaktionen in aufstrebenden Märkten für Flexibilität und Systemdienstleistungen erleichtern. Das Zusammenspiel dieser verschiedenen Rollen unterstreicht die Bedeutung eines kollaborativen, integrierten Ansatzes für das Management des Netzbetriebs und die Gewährleistung der systemweiten Zuverlässigkeit.

### **Schlüsselkomponenten der Koordination und Vorteile einer verstärkten Koordination**

Eine effektive Koordination zwischen ÜNB und VNB ist entscheidend für die Optimierung der Netzleistung. Der Echtzeit-Datenaustausch ermöglicht eine bessere Überwachung und Leitung des Netzzustands, der Energieflüsse und des Ausgleichs von Angebot und Nachfrage zwischen den Systemen. Flexibilitätsmärkte ermöglichen es, dass dezentrale Ressourcen wie Batterien und Laststeuerung zur Netzstabilität sowohl auf der Übertragungs- als auch auf der Verteilungsebene beitragen. Die gemeinsame Betriebsplanung sorgt für ein nahtloses Engpassmanagement, eine Spannungsregelung und andere Netzdienstleistungen. Die kollaborative Infrastrukturplanung ermöglicht den strategischen Einsatz von Flexibilitätslösungen, wodurch der Bedarf an kostspieligen Upgrades minimiert und gleichzeitig die Ausfallsicherheit des Systems erhöht wird.

Die Koordination von ÜNB und VNB bringt mehrere Vorteile mit sich, darunter eine verbesserte Netzstabilität durch eine zuverlässige Stromversorgung, auch bei fluktuierenden erneuerbaren Energiequellen. Gemeinsam genutzte Daten und koordinierte Services tragen dazu bei, die Ressourcennutzung zu optimieren, die Betriebskosten zu senken und zusätzliche Infrastrukturinvestitionen zu minimieren. Dieser Ansatz fördert kosteneffiziente Lösungen für Verkehrsüberlastungen und stimmt die lokale Energieerzeugung mit dem Verbrauchsbedarf in Einklang.

### **Bedeutung der aus Pilotprojekten gewonnenen Erkenntnisse**

Erkenntnisse aus globalen Pilotprojekten unterstreichen die entscheidende Rolle der Koordination von ÜNB und VNB bei der Bewältigung der Herausforderungen, die sich aus dezentralen, auf erneuerbaren Energien basierenden Energiesystemen ergeben. Diese Initiativen bieten wertvolle Orientierungshilfen für die Entwicklung skalierbarer Strategien, die nachhaltige und widerstandsfähige Energiesysteme fördern. Sie dienen als Testumgebungen für innovative Koordinierungsmechanismen und bieten praktische Lehren für eine breitere Umsetzung und mindern gleichzeitig die Risiken,

die mit einer großflächigen Einführung verbunden sind. Der Wandel hin zu dezentralen Energiesystemen bringt komplexe technische, betriebliche und marktwirtschaftliche Herausforderungen mit sich. Pilotprojekte ermöglichen es den Beteiligten, die Machbarkeit, Skalierbarkeit und Auswirkungen von Lösungen auf die reale Welt unter einer Vielzahl von Bedingungen zu bewerten. Durch das Experimentieren mit zentralisierten, dezentralen und hybriden Koordinationsmodellen generieren diese Initiativen Daten, um effektive Ansätze zu identifizieren, die auf bestimmte Kontexte zugeschnitten sind. Darüber hinaus decken die Piloten technische Herausforderungen auf, wie z. B. Interoperabilitätsprobleme zwischen ÜNB- und VNB-Systemen, und helfen bei der Entwicklung von Lösungen, um diese zu überwinden. Sie weisen auf regulatorische und marktdesigntechnische Lücken hin, die die Koordinierung behindern könnten, und erleichtern so frühzeitige Interventionen, um robuste Rahmenbedingungen für eine breitere Umsetzung zu schaffen. Über die technischen Erkenntnisse hinaus verbessern Pilotprojekte das Engagement der Interessengruppen und den Aufbau von Kapazitäten. Durch die Förderung der Zusammenarbeit zwischen ÜNB, VNB, politischen Entscheidungsträger:innen, Technologieanbietern und anderen wichtigen Akteuren stimmen sie ihre Ziele aufeinander ab und fördern die Einführung innovativer Technologien und Betriebsmodelle. Dieser kollaborative Ansatz stärkt das Vertrauen in neue Strategien und ebnet den Weg für eine breitere Akzeptanz. Der iterative Charakter dieser Initiativen führt zu kontinuierlichen Verbesserungen und optimiert Lösungen im Hinblick auf Effizienz, Zuverlässigkeit und Kosteneffizienz. Daher verringern die Erkenntnisse aus Pilotprojekten die Unsicherheit und beschleunigen den Fortschritt hin zu einem flexiblen, nachhaltigen und widerstandsfähigen Energiesystem bei gleichzeitiger Minimierung der Einsatzrisiken.

Das ISGAN, und insbesondere die Arbeitsgruppe 6, hat sich mit dem Thema der Interaktion zwischen ÜNB und VNB befasst und hält dies für entscheidend in den Schwerpunktbereichen der Smart Grids. Frühere Arbeiten, die von der Arbeitsgruppe 6 seit 2014 in Bezug auf Flexibilität, ÜNB, VNB und Stakeholder-Interaktion durchgeführt wurden, sind in Abbildung 1 dargestellt.

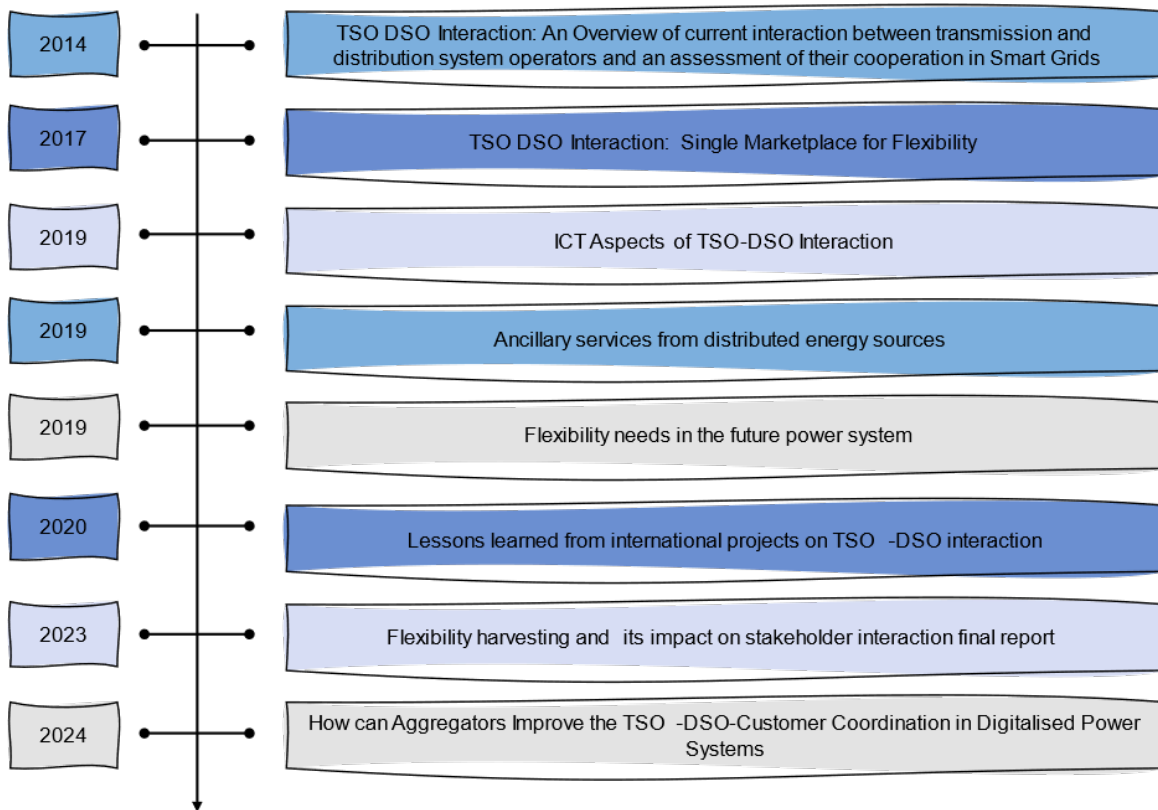


Abbildung 1: Übersicht der bisherigen Publikationen aus ISGAN Arbeitsgruppe 6

# 4 Projektinhalt

Das **International Smart Grid Action Network (ISGAN)** ist eine globale Initiative, die die Entwicklung und Einführung von Smart-Grid-Technologien fördert, um die Effizienz, Zuverlässigkeit und Nachhaltigkeit von Elektrizitätssystemen zu verbessern. ISGAN wurde im Rahmen des Clean Energy Ministerial (CEM) und der Internationalen Energieagentur (IEA) gegründet und erleichtert die internationale Zusammenarbeit, den Wissensaustausch und die Entwicklung von Richtlinien, um den Übergang zu einer intelligenteren Energieinfrastruktur zu beschleunigen. Durch die Vernetzung von Expert:innen, politischen Entscheidungsträger:innen und Branchenführern spielt ISGAN eine entscheidende Rolle bei der Gestaltung der Zukunft intelligenter und widerstandsfähiger Energienetze weltweit.

**Die IEA ISGAN Arbeitsgruppe 6 Transmission and Distribution Systems** konzentriert sich auf die Entwicklung langfristiger Visionen für nachhaltige Energiesysteme, indem systembezogene Herausforderungen durch fortschrittliche Technologien, Marktösungen und Strategien angegangen werden. Die Arbeitsgruppe 6 erleichtert den Wissensaustausch, um den Beitrag der Stromnetze zu sauberer Energie, Klimazielen und nachhaltigem Zugang zu Energie zu verbessern. Die Arbeitsgruppe 6 wird von Schweden geleitet, an der folgende Länder teilnehmen: Österreich, Belgien, Kanada, Dänemark, Frankreich, Deutschland, Indien, Irland, Italien, Korea, Niederlande, Norwegen, Südafrika, Spanien, Schweiz, Vereinigtes Königreich. Die Arbeit der Arbeitsgruppe 6 basiert auf der Sammlung, Integration, Zusammenfassung und Verbreitung von Informationen über Smart-Grid-Technologien, -Praktiken, -Strategien und -Systeme durch Diskussionspapiere, Webinare, Papiere und Präsentationen auf einschlägigen Seminaren, Konferenzen und Workshops. Der Wissensaustausch ist innerhalb der Arbeitsgruppe von entscheidender Bedeutung, und die Expert:innen kommen aus den meisten ISGAN-Mitgliedsländern und sind eine Mischung aus Systembetreibern, Regulierungsbehörden, Hochschulen und Forschungsinstituten. Die Arbeitsgruppe gliedert sich in vier Schwerpunkte:

1. Expansionsplanung und Marktanalyse (*Leitung: Italien*)
2. Technologietrends und -einsatz (*Leitung: Schweden*)
3. Systembetrieb und -sicherheit (*Leitung: Norwegen*)
4. Interaktion von Übertragungs- und Verteilungssystemen (*Leitung: Österreich*)

In diesem Bericht werden die Ergebnisse vorgestellt, die im Rahmen des Schwerpunktbereichs "*Interaktion von Übertragungs- und Verteilernetzen*" erzielt wurden. Die Aktivitäten untersuchen die zukünftigen Wechselwirkungen zwischen Verteilungs- und Übertragungsnetzen, um einen stabilen Netzbetrieb bei einem hohen Anteil erneuerbarer Energien zu gewährleisten. Darüber hinaus werden in diesem Schwerpunkt Lösungen untersucht, die es Stromnetzen ermöglichen, die Sicherheit, Zuverlässigkeit und Qualität der Stromversorgung aufrechtzuerhalten und zu verbessern und gleichzeitig die Ziele zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen, zur Integration erneuerbarer Energiequellen

und sauberer, erschwinglicher Energie für alle zu erreichen. Darüber hinaus zielt der Schwerpunkt darauf ab, das Wissen zu erweitern, Erfahrungen aus verschiedenen teilnehmenden Ländern zu bündeln und Empfehlungen für die zukünftige technologische und wirtschaftliche Zusammenarbeit sowie die Optimierung von Übertragungs- und Verteilnetzen zu entwickeln. Ein Überblick der Arbeitsgruppe 6 findet sich in Abbildung 2.

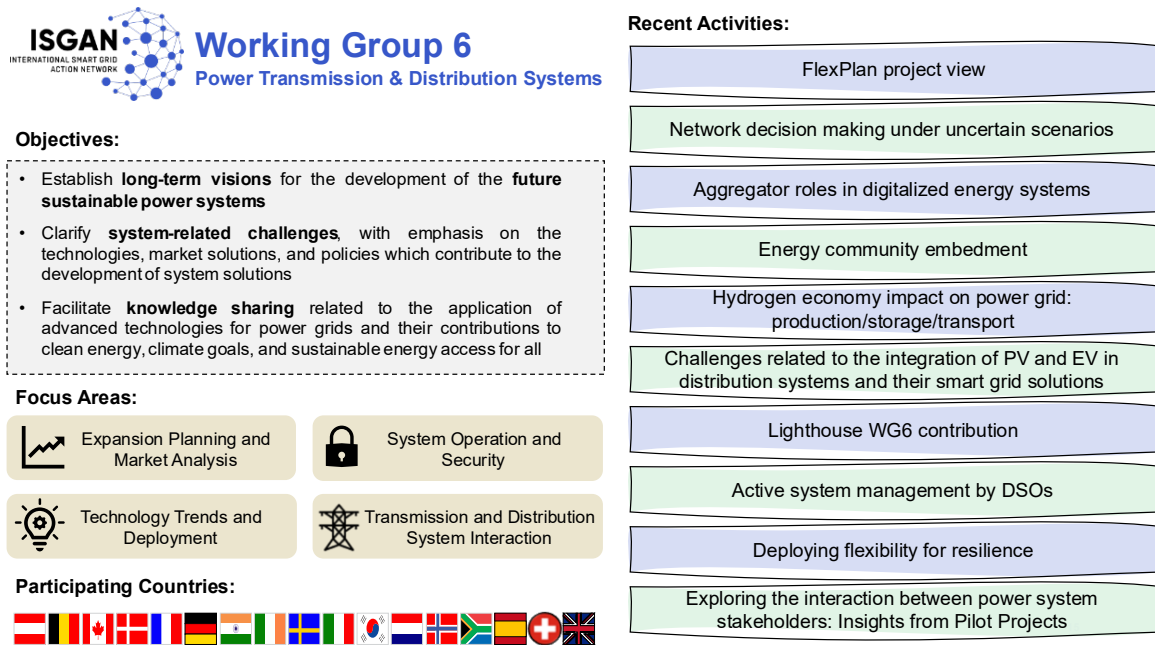


Abbildung 2: Übersicht der Arbeitsgruppe 6 mit den Zielen, Schwerpunktbereichen, teilnehmenden Ländern und jüngsten Aktivitäten

### Österreichische Projektziele: Erforschung der Interaktion zwischen den Akteuren des Energiesystems: Einblicke aus Pilotprojekten

Ziel der Aktivität ist es, einen umfassenden Überblick und Einblicke in die Erfahrungen und Erkenntnisse aus globalen Pilotprojekten im Bereich der Bereitstellung von Flexibilität für ein koordiniertes Kapazitätsmanagement von Übertragungs- und Verteilnetzbetreibern zu geben. Das übergeordnete Ziel dieses Projekts ist es, einen ganzheitlichen Überblick über die laufenden Entwicklungen bei der Integration von Flexibilität zu geben und wertvolle Erkenntnisse darüber zu liefern, wie diese Projekte die Zukunft des Betriebs von Übertragungs- und Verteilnetzen gestalten. Der Bericht hebt die wichtigsten Erkenntnisse hervor und identifiziert die wichtigsten Herausforderungen in verschiedenen Schlüsselbereichen, darunter Technik, Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT), Wirtschaft und Markt sowie Regulierung.

### Relevanz aus österreichischer Sicht

Ziel des Projekts war es, das Wissen zu erweitern und Erkenntnisse aus den teilnehmenden Ländern zu sammeln, die Projekte im Zusammenhang mit der Interaktion zwischen ÜNB und VNB umgesetzt oder abgeschlossen haben. Aus österreichischer Sicht sind Themen der Interaktion zwischen ÜNB

und VNB aufgrund des steigenden Anteils erneuerbarer Energien, der zunehmenden Dezentralisierung des Netzes und der sich entwickelnden Strommärkte von hoher Relevanz. Die zentrale Relevanz der Interaktion zwischen ÜNB und VNB in Österreich umfasst:

- Österreichs Energiesystem stützt sich stark auf erneuerbare Energien wie Wind-, Solar- und Wasserkraft, so dass eine effiziente Koordination zwischen ÜNB und VNB für das Management der variablen Energieerzeugung unerlässlich ist.
- Netzstabilität und Engpassmanagement erfordern eine enge Zusammenarbeit zwischen ÜNB und VNB, um Angebot und Nachfrage auszugleichen und gleichzeitig Netzüberlastungen zu vermeiden.
- Der österreichische Strommarkt ist Teil des europäischen Energiesystems, was eine Zusammenarbeit zwischen ÜNB und VNB erforderlich macht, um die EU-Vorschriften einzuhalten und den grenzüberschreitenden Energiehandel zu erleichtern.
- Fortschritte in Smart-Grid-Technologien und Digitalisierung erfordern einen verbesserten Datenaustausch zwischen ÜNB und VNB, um den Netzbetrieb und die Prognose zu optimieren.
- Die steigende Zahl von Prosumern und dezentralen Energieressourcen (DERs) in Österreich erfordert von den ÜNB und VNB, die bidirektionalen Energieflüsse effizient zu steuern.

### **Methodologie**

Um dies zu erreichen, wurden folgende Schritte unternommen: 1) Projekt- und Literaturrecherche 2) Entwicklung eines internationalen Fragebogens, 3) Erleichterung internationaler Diskussionen durch einen Workshop, 4) Durchführung von Expert:inneninterviews und 5) Erstellung und Vertiefung der Diskussion, um die Ergebnisse effektiv an ein breites Spektrum von Interessengruppen zu kommunizieren.

Die im Projekt angewandten Methoden haben sich als sehr erfolgreich erwiesen. Ein Fragebogen ermöglicht die systematische Erhebung von Daten eines breiten Spektrums von Befragten. Der Fragebogen ermöglichte es, in einer frühen Phase des Projekts umfangreiche Ergebnisse zu sammeln, die anschließend in einem Workshop einem internationalen Diskurs unterzogen wurden. Der Workshop brachte Interessenvertreter:innen mit unterschiedlichem Hintergrund zusammen, was die Zusammenarbeit und den Informationsaustausch in Echtzeit verbesserte. Expert:inneninterviews lieferten tiefgehende und qualitativ hochwertige Einblicke von Personen mit Spezialwissen. Diese Methode ermöglicht eine tiefere Exploration von Schlüsselfragen, die Klärung komplexer Themen und die Validierung der Ergebnisse aus dem Fragebogen und dem Workshop. In der Entwicklung des Diskussionspapiers werden die detaillierten Ergebnisse und Beispiele aus einer Vielzahl von Pilotprojekten aus verschiedenen Ländern vorgestellt. Dies ist eine wertvolle Ressource für Länder, die die Entwicklungen in diesem Bereich vorantreiben, und ermöglicht es den Forscher:innen gleichzeitig, sich über die aktuellsten Themen zu informieren.

...

# 5 Ergebnisse

## 5.1 Überblick über Zweck, Umfang und Methodik

Der Zweck dieses Berichts ist es, einen umfassenden Überblick und Einblicke in die Erfahrungen aus globalen Pilotprojekten im Bereich der Bereitstellung von Flexibilität für ein koordiniertes Kapazitätsmanagement von Übertragungs- und Verteilernetzbetreibern zu geben. Das übergeordnete Ziel ist es, einen ganzheitlichen Überblick über die laufenden Entwicklungen bei der Integration von Flexibilität zu geben und wertvolle Einblicke zu geben, wie diese Projekte die Zukunft des Übertragungs- und Verteilernetzbetriebs prägen. Der Bericht hebt die wichtigsten gewonnenen Erkenntnisse hervor und identifiziert die wichtigsten Herausforderungen in mehreren Schlüsselbereichen, darunter:

- **Technisch:** Wie Flexibilitätslösungen wie Demand-Side-Response, Energiespeicherung und flexible Erzeugung in verschiedenen Pilotprojekten implementiert wurden, um das Netzmanagement und die Kapazitätsplanung zu optimieren. Es werden die technischen Herausforderungen bei der Integration dieser Lösungen in bestehende Netzinfrastrukturen und ihr Potenzial zur Unterstützung eines dezentraleren Energiesystems diskutiert.
- **Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT):** Die Rolle fortschrittlicher IKT-Systeme bei der Ermöglichung des Datenaustauschs, der Überwachung und der Steuerung flexibler Ressourcen in Echtzeit. Das Papier untersucht die Bedeutung robuster Kommunikationsnetzwerke, Datenverwaltungsplattformen und Cybersicherheitsmaßnahmen für die Gewährleistung eines effektiven und sicheren Betriebs von Flexibilitätsmechanismen.
- **Wirtschaftlich und marktbezogen:** Die wirtschaftlichen Auswirkungen der Flexibilitätsintegration, einschließlich der Kosteneffizienz verschiedener Flexibilitätsdienste, des Marketdesigns und der finanziellen Anreize, die erforderlich sind, um Investitionen und das Engagement der Interessengruppen für die vorgeschlagenen Lösungen anzuziehen. Einblicke in die ökonomische Modellierung und die Rolle der Marktteilnehmer:innen bei der Unterstützung des Business Case für Flexibilität werden untersucht.
- **Regulierung:** Die regulatorischen Rahmenbedingungen, die den Einsatz von Flexibilitätslösungen und die Interaktion mit Interessenträgern unterstützt oder behindert haben, einschließlich der Abstimmung der politischen Ziele mit den Realitäten des Netzbetriebs und des Kapazitätsmanagements. In dem Papier wird untersucht, wie sich regulatorische und marketdesignbezogene Elemente weiterentwickeln müssen, um eine bessere Koordination zwischen ÜNB, VNB und anderen am Systembetrieb beteiligten Akteuren zu ermöglichen.

Die Methodik und der Ansatz zur Erhebung der Informationen basieren auf einer umfassenden Projekt- und Literaturrecherche, die durch Erkenntnisse aus der Einbeziehung von Interessengruppen

ergänzt wird, einschließlich einer Umfrage, eines Workshops und von Expert:inneninterviews, wie in Abbildung 3 ersichtlich.

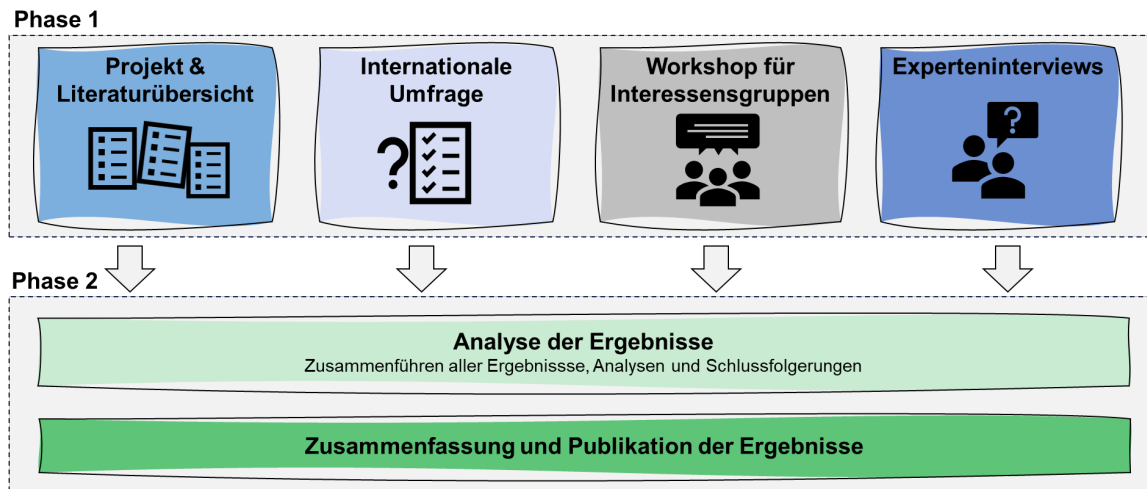


Abbildung 3: Überblick der Methodik und des Ansatzes

Das Projekt und die Literaturrecherche dienen als Grundlage und geben einen Überblick über das öffentlich zugängliche Material (Berichte, wissenschaftliche Publikationen, Präsentationen usw.) aus abgeschlossenen Projekten. Darüber hinaus wurde eine Umfrage durchgeführt, die darauf abzielte, Daten von Akteuren des Energiesektors auf der Grundlage ihrer jüngsten Erfahrungen aus Pilotprojekten zu sammeln. Der Schwerpunkt lag auf der Wirksamkeit, den Herausforderungen und Vorteilen von Flexibilitätslösungen und der Interaktion mit Interessengruppen unter technischen, wirtschaftlichen und regulatorischen Aspekten. Darüber hinaus ermöglichte der veranstaltete Workshop eingehende Diskussionen zwischen den Interessengruppen, die den Austausch von Ideen und die Identifizierung aufkommender Trends ermöglichten. Ziel war es, den Dialog über kritische Themen zu fördern, Erfahrungen aus Pilotprojekten auszutauschen und bewährte Verfahren hervorzuheben. Zu den wichtigsten Themen gehörten technische Herausforderungen bei der Flexibilitätsmodellierung, die Rolle von Informations- und Kommunikationstechnologien, Datenaustausch und Cybersicherheit. Wirtschaftliche Aspekte, Marktaspekte, Normung, Interoperabilität und regulatorische Aspekte wurden ebenfalls erörtert, insbesondere im Hinblick auf die Wechselwirkungen zwischen ÜNB und VNB. Der Workshop endete mit einer Analyse der zukünftigen Arbeit und der strategischen Aussichten, die wertvolle Erkenntnisse für die weitere Integration von Flexibilität in Energiesysteme boten. Darüber hinaus wurden Expert:inneninterviews durchgeführt, um vertiefende Perspektiven von führenden Expert:innen auf diesem Gebiet zu sammeln. Die Expert:innen tauschten sich über ihre Erfahrungen, Herausforderungen und Strategien aus und kombinierten ihr theoretisches Wissen mit praktischen Erkenntnissen.

Daher werden in diesem Beitrag die wichtigsten Erkenntnisse vorgestellt und untersucht, die auf den Ergebnissen dieser Projekte sowie auf Expert:innenwissen und Beiträgen einer Vielzahl von Interessengruppen aus dem Energiesektor basieren. Durch die Synthese globaler Erfahrungen und Ex-

pert:innenwissen zielt dieses Papier darauf ab, politische Entscheidungsträger:innen, Branchenführer:innen und technische Expert:innen über die effektivsten Strategien zur Verbesserung der Flexibilität im Netzmanagement und zur Förderung einer besseren Koordination zwischen den Interessengruppen zu informieren.

## 5.2 Wichtige Erkenntnisse aus Pilotprojekten

Die Integration der Flexibilität des Stromnetzes ist zu einem zentralen Schwerpunkt bei der Bewältigung der dynamischen Herausforderungen moderner Energiesysteme geworden. Dieser Abschnitt bietet einen Überblick über die wichtigsten Erkenntnisse und Highlights aus Pilotprojekten auf der ganzen Welt. In Anbetracht der wachsenden Relevanz dieses Themas wird anerkannt, dass zahlreiche Projekte durchgeführt wurden, und dieser Bericht soll keine vollständige Liste liefern. Vielmehr wurden die Projekte sorgfältig ausgewählt, um ein breites Spektrum abzubilden, das von früheren Initiativen bis hin zu neueren Bemühungen reicht und zeigt, wie sich das Verständnis und die Anwendung von Flexibilität sowie die Interaktion mit Interessengruppen im Laufe der Zeit entwickelt haben. Darüber hinaus bieten diese Beispiele eine geografisch unterschiedliche Perspektive innerhalb Europas und veranschaulichen, wie sich verschiedene Regionen dem gemeinsamen Ziel nähern, die Anpassungsfähigkeit und Resilienz des Stromnetzes zu verbessern. Die Entwicklung einer ÜNB-VNB-Projektlandschaft (Abbildung 4) unterstreicht die vielfältigen Initiativen, die zwischen 2013 und 2024 durchgeführt wurden und sich auf Schlüsselaspekte wie die Bereitstellung von Systemdienstleistungen, die koordinierte Netzplanung, den Datenaustausch, das Marktdesign, Simulationsumgebungen und die Aggregation konzentrieren

Eine detaillierte Liste der untersuchten Projekte findet sich im Anhang. Österreich war insbesondere an folgenden Projekten beteiligt:

- IntePlan
- SmartNet
- Industry4redispatch (Projektkoordinator)
- HybridVPP4DSO (Projektkoordinator)
- InteGrid
- InteFlex
- FlexGrid
- InterConnect

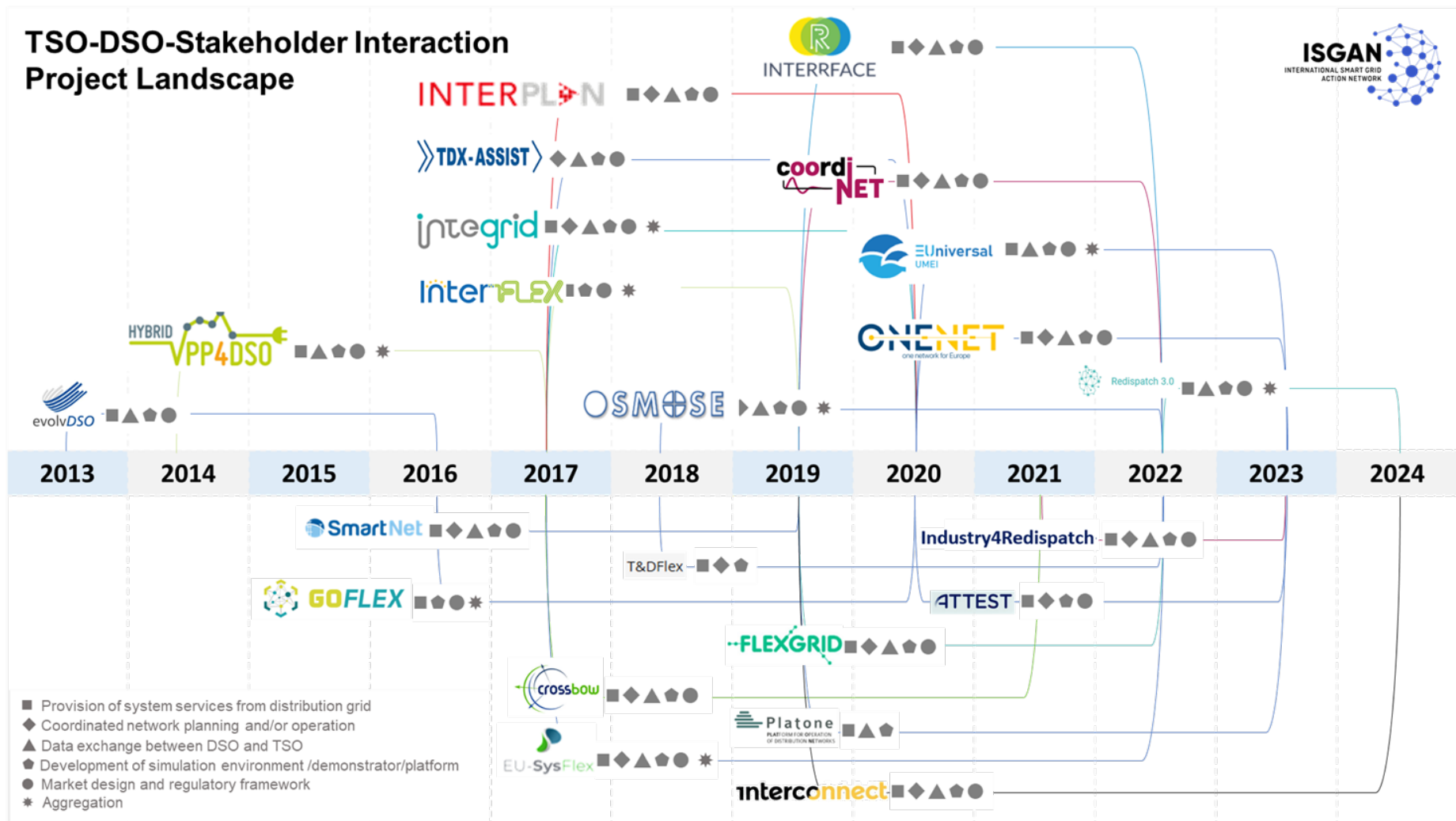


Abbildung 4: Überblick über die ÜVB-VNB-Projektlandschaft

## 5.2.1 Verbesserte Koordinierung zwischen ÜNB und VNB

**Erkenntnis 1: Klare Definitionen der Stakeholder und ein Verständnis für ihre sich entwickelnden Rollen sind unerlässlich.**

- Es ist entscheidend, klare Rollen und Verantwortlichkeiten für alle Beteiligten über alle Systemebenen hinweg zu definieren, um die effektive Integration und Nutzung von Flexibilität zu gewährleisten (*CoordiNet, EU-SysFlex, InteFlex, InterrFace, Platone, OneNet*).
- Die Rolle des VNB entwickelt sich weiter, um den Herausforderungen gerecht zu werden, die sich aus der Zunahme dezentraler erneuerbarer Energiequellen (DRES), der wachsenden Nachfrage und der Marktentwicklung ergeben (*EvolvDSO, Hybrid-VPP4DSO, CoordiNet*).
- Die Einführung neuer Geschäftsmodelle unterstreicht die sich entwickelnde Rolle der VNB hin zu Dienstleistungsbeschaffern, neutralen Marktvermittlern und zur Verbesserung des Engagements von Verbraucher:innen und Prosumern (*EvolvDSO, Hybrid VPP4DSO, GOFLEX, CoordiNet*).

**Erkenntnis 2: Eine verbesserte ÜNB-VNB-Koordination verbessert den Netzbetrieb, optimiert die Ressourcenauslastung und gewährleistet die Systemzuverlässigkeit.**

- Eine verbesserte Koordination von ÜNB und VNB ist unerlässlich, um neue Ressourcen zu verwalten, die Nachfrage zu steigern, den Bedarf an Netzverstärkung zu reduzieren und die Planung zu optimieren. Die Beschaffung von Flexibilität sollte in den Netzentwicklungsplan (NEP) integriert werden, um eine bessere langfristige Planung zu ermöglichen (*CoordiNet, TDFlex, evolvDSO, TDX-ASSIST, EU-SysFlex*).
- Die Echtzeit-Koordination zwischen ÜNB und VNB ist entscheidend für die effektive Bereitstellung von Systemdienstleistungen, einschließlich Spannungsregelung, Ausgleich und Engpassmanagement. Dies markiert eine Verschiebung von traditionellen "Fit-and-Forget"-Methoden hin zu einem dynamischeren ADSM-Ansatz (Active Distribution System Management). Ein solcher Übergang ist für Netzbetreiber unerlässlich, um ihre Kernaufgaben zu erfüllen und gleichzeitig die wachsende Komplexität der Integration von DRES, Elektrofahrzeugen und Smart-Grid-Technologien zu bewältigen (*SmartNet, EvolvDSO*).
- Der Interaktionsprozess zwischen ÜNB und VNB sollte sicherstellen, dass Betriebsgrenzen auf der Verteilungsebene (Auslastung und Spannungshöhe) eingehalten werden, während dezentrale Flexibilitäten wirksam genutzt werden (*Industry4Redispatch, Interrface*).
- Für Branchen, die mit Verteilungsnetzen verbunden sind, gibt es wachsende Möglichkeiten, durch koordinierte Prozesse zwischen dem ÜNB und dem VNB dazu beizutragen, Übertragungsempässe zu verringern und die Redispatch-Kosten zu senken (*Industry4Redispatch*).
- Robuster Datenaustausch, koordinierte Wartung und gemeinsames Ressourcenmanagement über mehrere Zeithorizonte hinweg verbessern die Zusammenarbeit zwischen den Beteiligten (*EvolvDSO*).

**Erkenntnis 3: Synergetische Zusammenarbeit zwischen ÜNB und VNB und Value Stacking sind zentrale Konzepte zur Optimierung von Flexibilität, Effizienz und Zuverlässigkeit innerhalb des Netzes.**

- Die Identifizierung von Value Stacking (im Sinne von Mehrfachnutzung) und Multi-Buyer-Engagement erweist sich als wesentlich für die Skalierung von Flexibilitätsangeboten und befürwortet eine verbesserte ÜNB-VNB-Koordination, um eine optimierte Ressourcennutzung zu gewährleisten (*InterFlex*).
- Synergien können erzielt werden, indem VNB den Betrieb von virtuellen Kraftwerken (Virtual Power Plants – VPPs) ermöglichen und dabei die vorhandene Infrastruktur und das Know-how für netzdienliche Aktivitäten nutzen (*Hybride VPP4DSO*).
- Das hybride ÜNB/VNB-Koordinierungsmodell stellt sicher, dass die VNB die Day-Ahead-Marktverpflichtungen der DERs erfüllen und gleichzeitig lokale Erzeugungsbeschränkungen und Systemdienstpläne ausgleichen (*ATTEST*).
- Eine robuste Koordinierung ermöglicht eine Wertestapelung und ist entscheidend für die Maximierung der Ressourceneffizienz zur Sicherung der Netzstabilität und für die Einbindung der Verbraucher:innen durch Aggregatoren (*OneNet*).

**Erkenntnis 4: Eine effektive Koordination von ÜNB und VNB hilft, potenzielle Konflikte zu entschärfen und das Gleichgewicht zwischen Flexibilitätsbedarf und Netzbetrieb zu optimieren.**

- Eine effektive Zusammenarbeit zwischen ÜNB und VNB ist unerlässlich, um Zielkonflikte im Netz zu vermeiden (Double Service Activation), zumal ÜNB zunehmend Flexibilität aus Verteilnetzen beziehen (*TDX-ASSIST, EUniversal, ATTEST, CoordiNet, OneNet*).
- Die Angleichung der DSO-Flexibilitätsmärkte an breitere Energie- und Regelenergiemärkte minimiert Ineffizienzen und löst potenzielle Konflikte, die sich aus mehreren Marktplattformen ergeben (*EUniversal, GOFLEX, CoordiNet, OneNet*).
- Die Entwicklung gemeinsamer Flexibilitätsmarktmodelle für ÜNB und VNB gewährleistet klare Interaktionsrahmen, einen effektiven Handel mit Flexibilitätsdienstleistern (FSPs) und eine Priorisierung der systemweiten Effizienz (*GOFLEX, ATTEST*).
- Bei der Aktivierung der Flexibilität müssen negative Auswirkungen auf den Netzbetrieb vermieden werden, wobei ein Prioritätenrahmen für grenzüberschreitende Auswirkungen und Interessenkonflikte auf Systemebene vorgesehen ist. Daher empfiehlt es sich, eine Priorisierungsreihenfolge auf Basis einer ganzheitlichen Systembetrachtung zu definieren. (*OS-MOSE*)

**Erkenntnis 5: Simulations- und Demonstrationsprojekte bestätigen die Bedeutung proaktiver Strategien für die Zusammenarbeit zwischen ÜNB und VNB.**

- Simulationen, die an realen Netzen durchgeführt werden, zeigen, wie proaktive Strategien die Flexibilität als Reaktion auf die steigende Nachfrage und die Integration erneuerbarer Energien erhöhen können (*EvolvDSO, OneNet*).
- Fallstudien in Italien, Dänemark und Spanien haben dazu beigetragen, Echtzeit-Koordinationsmodelle zu verfeinern und die Gesamtsystemeffizienz zu verbessern (*SmartNet*).
- Anhand von simulierten Testfällen validierte das Projekt entwickelte Werkzeuge in ihrer Fähigkeit, die Netzstabilität zu gewährleisten und die Kosteneffizienz im ÜNB-VNB-Betrieb zu verbessern (*Osmose*).
- Ein wesentlicher Vorteil von Pilotprojekten besteht darin, dass die Beteiligten Erfahrungen aus erster Hand mit dem gesamten Lösungsportfolio sammeln können, einschließlich der Installation, Einrichtung und des Betriebs von Hardware, Software und Benutzeroberflächen. Dies hat sich als wertvolle Lernerfahrung für die Stakeholder erwiesen und Einblicke in die Kompetenzen und Ressourcen gegeben, die von zukünftigen Marktteilnehmer:innen benötigt werden (*GoFlex*).

## 5.2.2 Technologische Innovation und Integration

**Erkenntnis 1: Vorhersagewerkzeuge und -algorithmen verbessern das Netzmanagement, die Flexibilität und die betriebliche Effizienz.**

- Vorhersagemodelle für die Erneuerung und Wartung von Anlagen senken die Kosten und verlängern die Lebensdauer von Anlagen (*EvolvDSO*).
- Data-Driven State Estimation (DdSE) reduziert die Kosten für die Netzverstärkung und verbessert die Engpassprognose (*EUniversal*).
- Die integrierte Betriebsplanung schlägt eine Brücke zwischen der langfristigen und der operativen (betrieblichen) Planung, wobei Methoden für die Flexibilitätsressourcen der Mittel- und Niederspannung entwickelt wurden (*InterPlan*).
- Es erwies sich als wirksam, ein Ampelsystem zur Rationalisierung der Interaktionen zwischen ÜNB und DSO zu entwickeln und die Ausfallsicherheit des Netzes und der Betriebssicherheit zu gewährleisten. Durch die Verwendung von OPF-Algorithmen (Optimal Power Flow) ermöglicht das Ampelsystem dem VNB Netzeinschränkungen und wirtschaftliche Faktoren für die Aktivierung der Flexibilität zu bewerten, was einen koordinierten ÜNB-VNB-Betrieb ermöglicht (*InteGrid*).
- KI-gesteuerte Tools verbessern das dynamische Netzmanagement und ermöglichen eine erweiterte Vorhersage und Überwachung von Netzzuständen (*GOFLEX, OneNet*).
- Szenariogetriebene Planung und prädiktive Algorithmen ermöglichen die Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Netzbedingungen (*InterPlan, Inustry4Redispatch*).
- Echtzeit-Plattformen integrieren Netzüberwachung und Engpassmanagement (*Interface*).

- Die Integration von Blockchain, Big Data und KI-gestützten Innovationen wie Dynamic Network Usage Tariffs (DNUT) und dezentralen Erzeugungstechnologien zur Optimierung erneuerbarer Energien (*Interface*)

**Erkenntnis 2: Fortschrittliche Mess-, Sensor- und Steuerungstechnologien verbessern die Beobachtbarkeit des Netzes und die Integration von Flexibilitäten.**

- Die zunehmende Komplexität der Energiesysteme erfordert Investitionen in eine fortschrittliche Smart-Grid-Infrastruktur, um erneuerbare Energien effektiv zu integrieren und Nachhaltigkeit zu gewährleisten (*EU-SysFlex*).
- Fortschrittliche Mess-, Erfassungs- und Steuerungstechnologien sind der Schlüssel zur Effizienz des Systems und zur kosteneffizienten Integration erneuerbarer Energien (*EvolvDSO, OneNet, Redispatch 3.0, Platone*).
- Die Einführung intelligenter Zähler ermöglicht Echtzeit-Leistungsmess- und Schaltfunktionen, von denen VNB durch verbesserte betriebliche Transparenz und Flexibilitätsmanagement profitieren (*Hybrid-VPP4DSO, CoordiNet*).
- In Regionen, in denen sich die Einführung intelligenter Zähler verzögert, können Sub-Metering-Vorschriften dazu beitragen, die Marktfunktionalität aufrechtzuerhalten. Die Verwendung von Submetern wird empfohlen, um die Datengenauigkeit zu gewährleisten und den effektiven Betrieb des Marktes zu unterstützen (*CoordiNet, OneNet*).
- Der Zugriff auf Smart-Meter-Daten ist ein kritisches Element für die Netzoptimierung und wird durch komplexe Einwilligungsprozesse und strenge Anonymisierungsanforderungen eingeschränkt (*InteFlex*).
- Die laufende Einführung intelligenter Zähler in der EU zeigt einmal mehr, dass es erhebliche Unterschiede zwischen den Mitgliedstaaten gibt (*InterConnect*).

**Erkenntnis 3: Die Netzflexibilität ist entscheidend für das Management erneuerbarer Energiequellen und der dezentralen Erzeugung.**

- Fortschrittliche Tools haben sich bei der Optimierung der Netzflexibilität und des Fehlermanagements als wirksam erwiesen (*EvolvDSO, TDX-ASSIST*).
- Hybride virtuelle Kraftwerke (VPPs) mindern Spannungsprobleme in kritischen Netzbereichen und bieten eine robuste Lösung für das Management erneuerbarer Energieeinspeisungen (*Hybrid-VPP4DSO*).
- Flexibilitätsmanagementsysteme können verwendet werden, um DERs effektiv zu integrieren und die Anpassungsfähigkeit in Netzen mit hoher Durchdringung erneuerbarer Energien zu gewährleisten (*InteGrid, FlexGrid, CoordiNet, OneNet*).
- Fortschrittliche Optimierungsstrategien für gemeinsam genutzte Energiespeichersysteme haben erhebliche betriebliche und wirtschaftliche Vorteile gezeigt und übertreffen herkömmliche Ansätze (*ATTEST*).
- Die Integration von Einschränkungen der dezentralen Erzeugung (engl. Distributed Generation - DG) in die Markträumungsprozesse hat die Betriebssicherheit und -effizienz in Echtzeit verbessert und erheblich zur Netzflexibilität beigetragen (*ATTEST, CoordiNet, OneNet*).

#### **Erkenntnis 4: Herausforderungen bei der Bereitstellung von Flexibilität unterstreichen den Bedarf an robusten Lösungen.**

- Legacy-Infrastrukturen können bei Installationen und System-Upgrades zu Herausforderungen führen. Die Bereitstellung war mit erheblichen technischen Hürden, IT-Sicherheitskonflikten und Kompatibilitätsproblemen mit bestehender/veralteter Infrastruktur konfrontiert (*GoFlex, Interconnect*).
- Die Integration erneuerbarer Energien in die Verteilungssysteme erforderte neue technologische Systeme, die in der Lage sind, die Verwaltung und Überwachung in Echtzeit zu ermöglichen, was eine Herausforderung für den Einsatz in Bezug auf die Systemkoordination und -optimierung darstellt (*SmartNet*).
- Die Integration von Cloud-basierten Grid-Market-Hubs für das Flexibilitätsmanagement stieß auf Herausforderungen im Zusammenhang mit dem nahtlosen Datenaustausch und der Integration von DERs, die sorgfältige Einsatzstrategien erforderten (*InteGrid*).
- Die Integration fortschrittlicher IT-Plattformen und offener Protokolle für das Flexibilitätsmanagement erforderte die Überwindung von Herausforderungen in Bezug auf Skalierbarkeit, Sicherheit und Einhaltung von Datenschutzbestimmungen während der Bereitstellung, insbesondere in komplexen Umgebungen (*InteFlex*).

#### **Erkenntnis 5: Modulare Ansätze sind essentiell für die Umsetzung von Smart-Grid-Lösungen.**

- Modulare Architekturen ermöglichen eine plattformübergreifende Anpassungsfähigkeit und Skalierbarkeit und adressieren so regionale Herausforderungen und Unterschiede in den Netzkonfigurationen und Marktanforderungen (*OneNet, InterConnect, FlexGrid, Platone*).
- Modulare Frameworks erwiesen sich als unerlässlich für die Interoperabilität, da sie den Beteiligten ermöglichten, mit mehreren Plattformen in Kontakt zu treten und gleichzeitig eine Anbieterbindung zu vermeiden (*EUniversal, InterConnect*).
- Lösungen, die die Modularität wahren, ermöglichen es, die Komponenten einzeln oder als integriertes System zu implementieren, basierend auf den spezifischen Anforderungen der Marktteilnehmer:innen. Dies ist eine wichtige Gelegenheit für die weitere Nutzung der Lösungen über das Projektabschlussdatum hinaus (*GoFlex*).

### **5.2.3 Kundenbindung**

#### **Erkenntnis 1: Verbraucherzentrierte Frameworks verbessern die Teilnahme an Flexibilitätsmärkten.**

- Die Stärkung der Verbraucher:innen durch datengesteuerte Dienste ermöglicht den Verbraucher:innen den Zugang zu standardisierten Daten und flexiblen Vertragsoptionen, um sich effektiv an den Strommärkten zu beteiligen (*EvoVDSO, EU-SysFlex*).

- Verbraucher:innenzentrierte Energiesysteme, indem VPPs in die Lage versetzt werden, dynamisch an Flexibilitätsmärkten teilzunehmen. Dies reduziert Ineffizienzen, die mit konservativen Praktiken verbunden sind, und fördert eine gerechte Marktbeteiligung, indem Prosumer in DER-reichen Umgebungen gestärkt werden (*InteGrid*).
- Tools wie Energiebilanzanzeigen und Peer2Peer-Handelsplattformen unterstützen die Nutzer:innen, stehen aber vor Herausforderungen durch unreife Märkte, geringe finanzielle Anreize und komplexe Designs. Verbraucher:innenorientierte Lösungen, die Value Stacking ermöglichen und sich an den Erwartungen der Benutzer:innen orientieren, sind entscheidend für eine breitere Akzeptanz (*InteFlex*).
- Vereinfachte Aggregatormodelle, automatisierte Systeme und Bildungsbemühungen sind erforderlich, um Teilnahmebarrieren zu senken und Anreize anzugleichen (*OneNet*).

**Erkenntnis 2: Wirtschaftliche, ökologische und gesellschaftliche Anreize sind Treiber für die Beteiligung der Verbraucher:innen.**

- Dynamische Tarife, Steueranreize und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck-Daten motivieren die Verbraucher:innen effektiv zu einem Demand-Response-Verhalten (*InterConnect, EUniversal*).
- Soziale Verantwortung ist eng mit dem Bewusstsein für Umweltauswirkungen verbunden, was das Engagement der Nutzer:innen und die Akzeptanz von Flexibilitätslösungen erhöht. (*InterConnect*)
- Verbesserte Liquiditäts- und Rentabilitätsmechanismen für die Marktarchitekturen der DER-Investoren fördern eine breitere Beteiligung von Prosumer (*FlexGrid*).
- Nicht alle Verbraucher:innen können als identisch angesehen werden, da es deutliche Unterschiede im Kund:innenkonsum und in der Demografie gibt. Unterschiedliche Nutzer:innendemografien erfordern unterschiedliche Ansätze: Wohlhabendere Haushalte, die mit PV-Anlagen, Elektrofahrzeugen und intelligenten Haushaltsgeräten ausgestattet sind, haben im Vergleich zu einkommensschwächeren Haushalten, die von Energiearmut betroffen sind, ein größeres Potenzial für nachfrageseitige Flexibilität (*InterConnect*).
- Die Energiekompetenz der Verbraucher:innen sollte ebenfalls berücksichtigt werden, da die Nutzer:innenbindung variieren kann, wenn die Daten in Geld (Euro) und nicht in technischen Einheiten (kWh) dargestellt werden (*InterConnect*).

**Erkenntnis 3: Eine verbesserte Benutzer:innenerfahrung ist der Schlüssel zum Aufbau von Vertrauen, zur Förderung der Kund:innenbindung und zur Gewährleistung einer nachhaltigen Teilnahme.**

- In den Rückmeldungen der Verbraucher:innen wurde die Notwendigkeit vereinfachter Schnittstellen, klarerer Erläuterungen der Systemvorteile, vertrauensbildender Bemühungen und verbesserter Instrumente zur Energieüberwachung hervorgehoben (*GOFLEX, OneNet, InteFlex*).
- Es hat sich gezeigt, dass hybride, virtuelle Kraftwerke die Kund:innenbindung erhöhen, indem sie die Teilnahme an den Regelenergiemärkten ermöglichen und engere Beziehungen zu Energieversorgern fördern (*Hybrid-VPP4DSO*).

- Um die Nachhaltigkeit der Kund:innenbindung langfristig zu gewährleisten, ist es wichtig, dass Demand-Response-Programme keine unerwünschten und unnötigen Komplexitäten mit sich bringen (*InteFlex, InterConnect*).
- Automatisierung von Demand-Response-Mechanismen, wie z. B. die automatische Neuplanung von Gerätevorgängen und die Einführung von Push-Benachrichtigungen, um die Entscheidungsfindung der Verbraucher:innen zu vereinfachen und die Benutzer:innenbindung zu verbessern (*InterConnect, GOFLEX, InteFlex*).

**Erkenntnis 4: Sensibilisierungs- und Aufklärungsprogramme sind der Schlüssel zur Stärkung der Verbraucher:innen.**

- Viele Verbraucher:innen äußerten sich verwirrt über den Zweck des Systems und betonten die Bedeutung von Vertrauensbildung, Nutzer:innenbefähigung und Bildungsprogrammen (*EUniversal, OneNet, CoordiNet, InteFlex, GOFLEX*).
- Das Bewusstsein der Verbraucher:innen für ihre Rolle bei der Bereitstellung von Flexibilitätsdiensten und die damit verbundenen Möglichkeiten ist derzeit gering. Klare Informationen sind erforderlich, um Prosumer einzubinden und ihre Teilnahme an Flexibilitätsmärkten zu ermöglichen (*OneNet, CoordiNet*).
- Die Beteiligung der Verbraucher:innen wurde aufgrund des begrenzten Bewusstseins für Flexibilitätsmärkte, unzureichender Anreize und des minimalen direkten Kontakts mit den VNB als zentrale Herausforderung identifiziert. Outreach-Programme und Anreize (z. B. Netztarife oder Steuersenkungen) wurden empfohlen, um das Engagement zu fördern (*EUniversal*).

## 5.2.4 Fortschrittliche IKT-Tools als Wegbereiter für Smart-Grid-Lösungen und die Koordination von Interessengruppen.

**Erkenntnis 1: Eine effektive Koordination zwischen ÜNB und VNB hängt von fortschrittlichen IKT-Tools zur Optimierung des Netzbetriebs ab.**

- Fortschrittliche IKT-Lösungen erleichtern die Echtzeitüberwachung, die Steuerung der dezentralen Erzeugung und die Integration von Flexibilitätsressourcen und gewährleisten eine effektive Koordination des Netzmanagements (*EvolvDSO, ATTEST, InterPlan, EU-SysFlex, SmartNet, GOFLEX*).
- Architekturen, die sich auf fortschrittliche IKT-Tools für die iterative Kommunikation und Entscheidungsfindung stützen, unterstützen die Echtzeit-Koordination zwischen ÜNB und VNB und gewährleisten einen effizienten Betrieb in Szenarien mit hohen erneuerbaren Energien (*FlexGrid*).
- Echtzeit-Datenaustauschprotokolle und Entscheidungsunterstützungstools sind entscheidend für die Bewältigung betrieblicher Herausforderungen und die Optimierung von Systembeschränkungen im Netzbetrieb (*OneNet*).

- Die Integration fortschrittlicher IKT-Instrumente ist von entscheidender Bedeutung, um die Durchführbarkeit und Effizienz des Ausschreibungsverfahrens für Flexibilität zu gewährleisten. Zu diesen Tools gehören Algorithmen, die helfen, Gebotskombinationen für ÜNB und VNB zu optimieren (*Industry4Redispatch*).

**Erkenntnis 2: IKT-Tools verbessern die Betriebsplanung, stärken die Systemkoordination und verbessern die Beobachtbarkeit von Systemen.**

- Verbesserte betriebliche Planungsrahmen zeigen, wie IKT-Tools den Netzbetrieb vor der Schließung von Markttoren optimieren und die Koordination von Interessengruppen ermöglichen (*EvoVDSO*).
- Fortschrittliche IKT-Tools für automatisierte Handelsplattformen, aktives Netzwerkmanagement, wie z. B. Werkzeuge für die Echtzeitüberwachung, und dynamische Leistungsbewertungs- und Flexibilitätsprognosetools für ein besseres Engpassmanagement (*EUniversal, GoFlex*).
- IKT-Lösungen für die Bewältigung der Herausforderungen der ÜNB- und DSO-Spannungsregelung haben sich mit ihrer Fähigkeit, über mehrere Zeithorizonte (z. B. Echtzeit, Day-Ahead- und Betriebsplanung) zu arbeiten, als robust erwiesen (*Osmose*).

**Erkenntnis 3: Kostengünstige IKT-Lösungen ermöglichen die Koordination von Smart Grids.**

- Die Einführung von IKT-Systemen verursacht relativ geringe Kosten im Vergleich zu den Betriebskosten für alle Koordinierungssysteme zwischen ÜNB und VNB (*SmartNet*).
- Während hohe IKT-Anschaffungskosten die VNB davon abhalten können, Flexibilität einzuführen, ist die Integration dieser Instrumente unerlässlich, um Echtzeit-Koordination, Prognosen und die Bereitstellung von Systemdienstleistungen zu ermöglichen, und wird durch die langfristigen Vorteile einer verbesserten Echtzeit-Koordination und der marktbasierten Beschaffung von Reserven aufgewogen (*SmartNet, FlexGrid*).
- Eine IKT-Infrastruktur, die in der Lage ist, hohe Standards für Latenz, Cybersicherheit und Fehlerbehebung zu erfüllen, ist eine Notwendigkeit für die Integration von Smart-Grid-Lösungen (*SmartNet, Hybrid VPP4DSO, Flexgrid, InterConnect*).

**Erkenntnis 4: Genaue Prognosen verbessern das Flexibilitätsmanagement und die Netzoptimierung.**

- Der Einsatz einer szenariogesteuerten Betriebsplanung und zuverlässiger Prognosewerkzeuge gewährleistet die Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Netzbedingungen (*IntePlan, EU-SysFlex, FlexGrid, CoordiNet*).
- Genaue Last- und Erzeugungsprognosen sowie fortschrittliche Simulationswerkzeuge sind entscheidend, um fundierte Entscheidungen in den Bereichen Flexibilitätsausschreibungen und Netzzustandsoptimierung zu treffen (*Industry4Redispatch, EU-SysFlex, CoordiNet*).
- Minderwertige Prognosen und nicht einheitliche Angebotsfaktoren verschlechtern die Berechnungsgenauigkeit erheblich, was zu Fehleinschätzungen hinsichtlich der Machbarkeit

von Gebotskombinationen und letztlich zu erhöhten Redispatch-Kosten führt (*Industry4Redispatch*).

- Eingeschränkte Vorhersagegenauigkeit von Netzengpässen und suboptimale Reaktionsraten auf Flexibilitätsangebote führen zu Herausforderungen (*GoFlex*).

**Erkenntnis 5: Effektive ÜNB-VNB-Koordination setzt auf skalierbare und sichere IKT-Lösungen.**

- IKT-Tools ermöglichen einen sicheren, skalierbaren und interoperablen Datenaustausch und integrieren die Koordination von ÜNB und VNB (*TDX-ASSIST; EUniversal, FlexGrid, EU-Sysflex, CoordiNet*)
- Die IKT-Infrastruktur sollte auf leichte, sichere Messaging-Protokolle (wie MQTT<sup>1</sup> und AMQP<sup>2</sup>) umgestellt werden, um eine skalierbare Kommunikation zwischen den Beteiligten in Echtzeit zu ermöglichen (*TDX-ASSIST, OneNet*).
- Die Skalierbarkeit von IKT-Lösungen hängt davon ab, die Bereitstellungskosten zu senken und die Anreize für die Stakeholder aufeinander abzustimmen. Zukünftige Implementierungen sollten daher neben technischen und nutzer:innenzentrierten Verbesserungen auch diese wirtschaftlichen Überlegungen berücksichtigen (*GoFlex*).
- Die wirtschaftliche Analyse bewies die finanzielle Tragfähigkeit des Flexibilitätshandels, was auf skalierbare Vorteile sowohl für Prosumer als auch für VNB hindeutete (*GoFlex*).
- Durch die Nutzung des cloudbasierten Grid-Market-Hubs für den nahtlosen Datenaustausch zwischen ÜNB, VNB und VPPs sorgt das Ampelsystem für einen skalierbaren und koordinierten Betrieb. In der Studie wurde hervorgehoben, dass die Diskrepanz zwischen wirtschaftlichen Treibern (Preisgestaltung) und technischen Prioritäten (Standort der DERs) zu beachten ist (*InteGrid*).
- Die Skalierbarkeit von Marktalgorithmen ist auch dann von entscheidender Bedeutung, wenn durch die Nutzung bestehender Auktionsplattformen zusätzliche Einschränkungen, mit minimaler Unterbrechung, integriert werden können (*Interrface*).
- Aus Sicht der Skalierbarkeit stellt die Verarbeitung der riesigen Datenmengen, die täglich von über sechs Millionen Niederspannungsknoten erzeugt werden, eine erhebliche rechnerische Herausforderung dar (*InterConnect*).
- Skalierbarkeit und Replizierbarkeit hängen stark von der Angleichung der Rechtsvorschriften ab, da unterschiedliche Umsetzungen europäischer Richtlinien in nationale Vorschriften viele Hindernisse mit sich bringen (*InterConnect, CoordiNet*).

---

<sup>1</sup> Message Queuing Telemetry Transport

<sup>2</sup> Advanced Message Queuing Protocol

## 5.2.5 Datenaustausch, Standardisierung und Interoperabilität

**Erkenntnis 1: Virtualisierung und Interoperabilität sind entscheidend für die Bewältigung der Herausforderungen bei der Koordination von ÜNB und VNB.**

- Die Bedeutung standardisierter Kommunikationsprotokolle, Datenaustausch und Formate für das Erreichen der Interoperabilität, die Ermöglichung plattformübergreifender Interaktionen, verbesserter Synergien und die Verringerung der Komplexität in der Interaktion zwischen ÜNB und VNB wurde hervorgehoben (*EUniversal, InterConnect, FlexGrid, Osmose, CoordiNet, InteGrid, Interrface, ATTEST*).
- Eine effektive Zusammenarbeit zwischen dem Übertragungsnetzbetreiber und dem VNB erfordert eine transparente Kommunikation, eine gemeinsame Sprache und einheitliche Anstrengungen, um systemweite und lokalisierte Probleme anzugehen (*CoordiNet, OneNet, Osmose*).
- Die Integration einer wachsenden Zahl von Teilnehmer:innen in das Stromnetz erfordert robuste Interoperabilitätsstandards für einen sicheren, datenschutzbewussten grenzüberschreitenden und sektorübergreifenden Datenaustausch. Diese Aspekte können jedoch nur mit einem Zielkonflikt zwischen ihnen *auftreten* (*EU-SysFlex, Industry4Redispatch, Platone*).
- Eine verbesserte Übernahme von Common Interface Model Standards durch VNB, insbesondere für den inkrementellen Datenaustausch, ist für die Abstimmung mit ÜNB-Systemen unerlässlich (*TDX-ASSIST, InteFlex, Platone*).
- Es wird empfohlen, dass Normungsgremien wie IEC und ENTSO-E die Kommunikationsprotokolle und Datenaustauschmethoden verfeinern, um so eine robuste Interoperabilität und Skalierbarkeit in den europäischen Stromnetzen zu gewährleisten (*TDX-ASSIST, InteFlex*).

**Erkenntnis 2: Cybersicherheitsmaßnahmen sind für die Implementierung skalierbarer Lösungen notwendig.**

- Die Bedeutung von Cybersicherheitsmaßnahmen, insbesondere für Daten, die über öffentliche Internetlinks ausgetauscht werden, sollte nicht unterschätzt werden. Öffentliche Internet-, Kommunikations- und Cloud-Dienste müssen Mindestlatenzanforderungen erfüllen, Cybersicherheit gewährleisten oder eine zuverlässige Ausfallreaktion bieten, um die für die Skalierbarkeit und Sicherheit des Systems erforderlichen Herausforderungen zu bewältigen (*TDX-Assist, InterConnect*).
- Echtzeitüberwachung, robuste Kommunikationsinfrastruktur und sichere Protokolle zur Minderung von Cyberrisiken sind wichtig für die verteilte Flexibilität (*TDX-Assist, OneNet*).
- Im Gegensatz dazu hat sich eine lokale Flexibilitätssteuerung auf der Grundlage von Zeitplänen oder lokalen Messungen als ausreichend erwiesen, um das Potenzial von Flexibilitäten zu erschließen. Durch die Reduzierung der Anzahl der Kommunikationsaustausche und -anforderungen, durch die Planung von Geräten, z.B. Batterieenergiespeichersysteme und vereinfacht die Implementierung der Flexibilitätsunterstützung und wird als inhärentes Merkmal der Cybersicherheit angesehen. (*TDFlex*)

### **Erkenntnis 3: Datenverfügbarkeit und -genauigkeit für die Netzwerkmodellierung und Implementierung von Lösungen.**

- Der Bedarf an Werkzeugen, die schrittweise Aktualisierungen von Netzmodellen mit höherer Genauigkeit ermöglichen, stellt eine Herausforderung für die Koordinierung zwischen ÜNB und VNB dar. (*TDX-Assist*).
- Mit den derzeitigen Ansätzen zur Planung des Netzbetriebs ist es aufgrund von rechnerischen Einschränkungen und dem Mangel an detaillierten Modellen nicht möglich, alle bestehenden Netze (einschließlich vollständiger Modelle) in einem integrierten Planungstool zu berücksichtigen. Intrinsische Methoden zur Bildung von Netzequivalenten und -Tools können integriert werden, um die Interaktion zwischen ÜNB und VNB zu erleichtern (*InterPlan*).
- Die ressourcenintensive Natur der Datenvorverarbeitung und Netzwerkmodellierung für VNB, die zwar anspruchsvoll sind, aber mit den Fortschritten in den Bereichen Smart Metering, KI und Datenqualität synergetisch sein können (*OneNet*).
- Geringe Verfügbarkeit und Ungenauigkeit in Niederspannungstopologiedaten von VNB, insbesondere wenn sie nicht mit geografischen Informationssystemen (GIS) verknüpft sind, stellen weitere Herausforderungen dar, da genaue Topologieinformationen für die Generierung präziser Demand-Response-Grid-Signale unerlässlich sind (*InterConnect*).

## **5.2.6 Entwicklung von Marktmechanismen für Flexibilität: Präqualifizierung, Beschaffung und Aktivierung**

### **Erkenntnis 1: Marktmechanismen müssen sich weiterentwickeln, um verteilte Flexibilitätsressourcen zu unterstützen.**

- Überarbeitung der Marktstrukturen, um Hindernisse für die Beteiligung kleiner Anlagen zu beseitigen und Probleme im Zusammenhang mit den Erlösen aus der kohlenstoffarmen Erzeugung zu lösen, um Investitionen in neue Technologien zu fördern (*EU-SysFlex*).
- Lokale Flexibilitätsmärkte und dynamische Flexibilitätsbereiche definieren betriebliche Einschränkungen und minimieren gleichzeitig den Bedarf an umfangreichem Datenaustausch (*EUuniversal*).
- Maßgeschneiderte Flexibilitätsprodukte und grenzüberschreitende Märkte für Systemdienstleistungen adressieren unterschiedliche Zeithorizonte, harmonisierte Marktherausforderungen und betriebliche Anforderungen (*OneNet*).
- Eine Überarbeitung der Marktmechanismen ist notwendig, um sicherzustellen, dass die Ressourcen sowohl aus dem Übertragungs- als auch aus dem Verteilungsnetz effizient genutzt werden, insbesondere beim Ausgleich und beim Engpassmanagement. Es wird empfohlen, dass flexible Marktmodelle die Beschaffung von Systemdienstleistungen erleichtern, wie z. B. die Minimierung des Ressourcenerwerbs ohne Beeinträchtigung der Ergebnisse des Energiemarktes (*SmartNet*).

- Ein koordinierter Marktplatz zwischen ÜNB und VNB ist von entscheidender Bedeutung, um Überschneidungen und Preisunterschiede zu vermeiden. Die Beteiligung dezentraler Ressourcen an diesen Märkten sollte gleiche Wettbewerbsbedingungen gewährleisten und den einzigartigen Merkmalen industrieller Lasten und anderer dezentraler Energieressourcen Rechnung tragen (*SmartNet, CoordiNet*).

**Erkenntnis 2: Präqualifizierung, Beschaffung und Aktivierung der Flexibilität sind der Schlüssel zu einer effizienten Netzintegration und Marktkoordination.**

- Die Sicherstellung der Netzkompatibilität mit Marktmaßnahmen stärkt die Flexibilität, die Beschaffung und die Wechselwirkungen zwischen VNB und Markt (*EvolvDSO*).
- Ganzheitliche Ansätze zur Flexibilitätsaktivierung auf Basis einer Systembetrachtung verbessern die Kosteneffizienz und vermeiden Netzengpässe (*Osmose, Industry4Redispatch, InteGrid, EvolvDSO*).
- Harmonisierte Präqualifizierungsanforderungen und gemeinsame Marktdesigns maximieren die Effizienz und das soziale Wohlergehen, indem sie ÜNB und VNB den Zugang zu gemeinsamen Flexibilitätsressourcen ermöglichen (*CoordiNet, OneNet*).
- Die Beschaffung von Flexibilität auf lokaler Ebene kann den kostspieligen Ausbau der Netzinfrastruktur ersetzen und bietet eine alternative Lösung für das Engpassmanagement und das Peak Load Shaving (*GoFlex*).
- Bei der Flexibilitätsbeschaffung sollten auch Zeitintervalle, Notfallfälle und Netzwerkzustände berücksichtigt werden, um sicherzustellen, dass die Angebote über verschiedene Betriebsszenarien hinweg realisierbar bleiben (*Industry4Redispatch*).

**Erkenntnis 3: Marktliquidität ist entscheidend für das effektive Funktionieren von Flexibilitätsmärkten.**

- Marktbasierte Mechanismen sind entscheidend für die Nutzung von Flexibilitätsressourcen. Bei der Ausgestaltung von Flexibilitätsprodukten muss die Marktliquidität berücksichtigt und strategisches Glücksspiel verhindert werden, um eine faire Partizipation und Systemeffizienz zu gewährleisten (*EU-SysFlex*).
- Der Bedarf an Marktstandardisierung und Liquidität zur Verbesserung des Wettbewerbs zwischen den Plattformen könnte durch regulatorische Eingriffe und Harmonisierung angegangen werden. (*EUniversal*)
- Lokale Flexibilitätsmärkte zeigten Herausforderungen bei den Teilnahmequoten und dem Engagement der Aggregatoren aufgrund geringer Strommengen und begrenzter Geschäftsanreize (*OneNet*).
- Lokale Flexibilitätsmärkte stehen vor Herausforderungen wie geringer Liquidität, begrenztem Aggregator-Engagement und uneinheitlicher Nachfrage durch den VNB. Vorübergehende Anreize, komplementäre Märkte (z. B. Spot, Reserve) und maßgeschneiderte Produkte, die auf unterschiedliche Zeiträume und betriebliche Bedürfnisse zugeschnitten sind, können die Teilnahme verbessern (*InteFlex, OneNet*).
- Die Harmonisierung der Präqualifizierungsanforderungen und die Automatisierung von Prozessen sind notwendig, um die Marktliquidität zu erhöhen (*CoordiNet, OneNet*).

#### **Erkenntnis 4: Flexibilitätsmärkte verbessern die Zuverlässigkeit und Kosteneffizienz von Systemen.**

- Innovative Marktmechanismen, wie Peer-to-Peer-Handel und kostengünstige Aktivierung von Flexibilitätsressourcen, zur Steigerung der Markteffizienz und Netzstabilität (*InteGrid, Interrface*).
- Die Rolle der VNB bei der Bewältigung von Engpässen und Netzengpässen durch lokale Märkte, dynamische Tarife und zertifizierte Betreiber, um Herausforderungen wie geringe Liquidität, fragile Aggregatormodelle und inkonsistente Nachfrage zu bewältigen (*InteFlex, Interrface*).
- Die Beschaffung von Flexibilität auf lokaler Ebene bietet Alternativen zum kostspieligen Ausbau der Netzinfrastruktur für Engpassmanagement und Spitzenlast-Shaving (*GoFlex*).
- Dynamische Tarife, Preissignale und automatisierte Nachfragesteuerung binden die Verbraucher:innen effektiv ein und verbessern die Flexibilitätsbeschaffung und Netzflexibilität (*InterConnect*).

#### **Erkenntnis 5: Geschäftsmodelle müssen weiterentwickelt werden, um die Beteiligung der Stakeholder zu erhöhen.**

- Herausforderungen bei der Verbesserung des Business Case für Flexibilitätsdienstleister (engl. Flexibility Service Provider - FSP) wurden identifiziert. Diese stehen im Zusammenhang mit hohen Beteiligungskosten und Marktunsicherheit, die durch saisonale und jährliche Schwankungen der Flexibilitätsnachfrage bedingt sind, die sich nachweislich erheblich auf die Rentabilität der FSP auswirken. Eine zunehmende Automatisierung könnte dazu beitragen, die Marktbeteiligung zu erhöhen und eine klare Kommunikation der Netzbetreiber über den Flexibilitätsbedarf zu unterstützen, wodurch Unsicherheiten verringert werden können. Darüber hinaus sind transparente und genaue Marktpreise, die den Wert von Dienstleistungen auf der Grundlage von Standort und Verfügbarkeit widerspiegeln, entscheidend für die Verbesserung der Marktvorhersehbarkeit (*CoordiNet*).
- In einigen Ländern hindern nationale Vorschriften die VNB daran, Investitionen und Kosten für neue Marktlösungen für Systemdienstleistungen zurückzufordern. Um dies zu beheben, müssen die Vergütungssysteme der VNB die Kosten berücksichtigen, die mit der Etablierung von Flexibilitätsmärkten und der Mobilisierung von Flexibilitätsressourcen verbunden sind (*CoordiNet*).
- Aus der Sicht des Aggregators gibt es aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Kundenstrom und des begrenzten Wertes der Flexibilität im Vergleich zu den Kosten für die Netzwerkverstärkung oft nur einen begrenzten Geschäftsanreiz (*OneNet*).
- Regulierungen, Marktmechanismen und ihre Integration müssen konzipiert und weiterentwickelt werden, insbesondere in den Fällen, in denen es keine bestehenden Regelungen gibt, die Anreize für die Nutzung von Flexibilität schaffen (*OneNet*).

## 5.2.7 Regulatorische und politische Rahmenbedingungen

**Erkenntnis 1: Die Abstimmung zwischen politischen Entscheidungsträger:innen und Interessengruppen ist unerlässlich, um Barrieren zu beseitigen und Innovationen zu ermöglichen.**

- Markt- und Regulierungsdefizite müssen behoben werden, um Flexibilitätsdienste, kohlenstoffarme Technologien und die Integration erneuerbarer Energien zu ermöglichen. (*EU-SysFlex, Osmose, Flexgrid*).
- Regulatorische Anpassungen sollten skalierbare und replizierbare Lösungen über verschiedene Märkte hinweg unterstützen und eine gleichberechtigte Beteiligung kleiner DERs gewährleisten (*ATTEST, CoordiNet, OneNet, InteGrid*).
- Politische Entscheidungsträger:innen, Regulierungsbehörden, VNBs, ÜNBs und Marktteilnehmer:innen müssen zusammenarbeiten, um Rahmenbedingungen anzugleichen und Innovationen zu fördern (*Industry4Redispatch, OneNet, InterConnect, EU-SysFlex, GoFlex, InteGrid*).
- Für alle Akteure auf den Flexibilitätsmärkten, einschließlich der traditionellen und neuen Akteure, müssen klare Rollen und Zuständigkeiten definiert werden, wobei diese Definitionen auf EU-Ebene in Netzkodizes für nachfrageseitige Flexibilität auf der Verteilungsebene standardisiert werden müssen (*CoordiNet, OneNet*).
- Flexibilitätslösungen und Optimierungsalgorithmen werden für die großflächige Implementierung vorbereitet. Es wurde jedoch darauf hingewiesen, dass ihre erfolgreiche Einführung von der Änderung der geltenden nationalen Vorschriften und Netzkodizes abhängt (*OneNet*).

**Erkenntnis 2: Die Überwindung regulatorischer Barrieren ist unerlässlich, um skalierbare Lösungen zu ermöglichen.**

- Die Angleichung der Rechtsvorschriften ist wichtig, um Hindernisse bei der Zusammenarbeit zwischen ÜNB und VNB und die Skalierbarkeit innovativer Lösungen zu überwinden. Es wird daher empfohlen, die regulatorischen Rahmenbedingungen zu harmonisieren, um die Integration von Flexibilität und Skalierbarkeit von Smart-Grid-Lösungen zu unterstützen (*InteGrid, ATTEST, CoordiNet, OneNet, FlexGrid, Osmose, Industry4Redispatch, InterConnect*).
- Für die Finanzierung und Standardisierung der Kontrollinfrastruktur sind unterstützende Regulierungen erforderlich. Richtlinien, die einen Aufschub von Netzinvestitionen durch Flexibilität, Vergütung und optimierten Datenzugriff im Rahmen der DSGVO ermöglichen, sind entscheidend für eine skalierbare Implementierung (*InteFlex*).
- Skalierbarkeit und Standardisierung der Lösungen sind entscheidend, um die Modelle an verschiedene regulatorische Umgebungen anzupassen und sicherzustellen, dass mehrere VNB integriert werden können, ohne die Marktliquidität zu beeinträchtigen (*ATTEST*).

**Erkenntnis 3: Regulatory Sandboxes bieten eine Möglichkeit, Lösungen in einer kontrollierten Umgebung zu testen.**

- Um regulatorische Einschränkungen zu umgehen, wurden regulatorische Sandkästen als eine Möglichkeit identifiziert, kontrollierte Umgebungen zum Testen von Innovationen bereitzustellen (*EUniversal, OneNet, Platone, CoordiNet*).
- Es werden Reallabore vorgeschlagen, um optimale Bedingungen für die Implementierung hybrider marktbasierter und regelbasierter Methoden zu untersuchen, da sie Mechanismen zur Bewertung und Unterstützung der Entwicklungskonzepte bereitstellen (*CoordiNet*).

**Erkenntnis 4: Datenschutz und DSGVO erfordern einen sicheren, standardisierten Austausch unter Berücksichtigung von Transparenz, Vertraulichkeit und Genauigkeit.**

- DSGVO (Datenschutzgrundverordnung) konforme Mechanismen (*EUniversal*) und standardisierte Kommunikationsprotokolle (*CoordiNet*) gewährleisten den Datenschutz im Markt.
- Ein DSGVO-konformer Zugriff auf Smart-Metering-Daten ist unerlässlich, aber komplexe Einwilligungsprozesse und Anonymisierungsschwellen behindern die Datennutzung. Die Vereinfachung dieser Prozesse könnte den Datenaustausch verbessern und die Anforderungen an Sensoren verringern (*InteFlex*).
- DSGVO-konforme Rahmen für den Datenaustausch für eine effektive Zusammenarbeit. Die modulare Architektur unterstützte die nahtlose Integration von Flexibilitätsressourcen in bestehende Systeme (*Platone*).
- Transparenz und Vertraulichkeit sind zentrale Anliegen beim Datenaustausch, wobei zwischen beiden ein Kompromiss besteht, da nur zwei von drei Schlüsselanforderungen, Transparenz, Vertraulichkeit und Genauigkeit, gleichzeitig maximiert werden können (*Industry4Redispatch*).

**Erkenntnis 5: Die Anpassung von Vorschriften, um die sich wandelnden Rollen auf den Flexibilitätsmärkten zu unterstützen, ist von entscheidender Bedeutung.**

- Angepasste regulatorische Rahmenbedingungen sind erforderlich, um die neuen Rollen der Systemakteure zu berücksichtigen (*GoFlex, CoordiNet, EvolvDSO*).
- Anpassungen des Rahmens und Anreize, die sich an VNB, Regulierungsbehörden, Energieversorger und Industriekunden richten, sind für die Implementierung von Hybrid-VPP von entscheidender Bedeutung (*Hybride VPP4DSO*).
- VNB benötigen regulatorische Unterstützung, um Flexibilitätsressourcen über verschiedene Spannungsebenen hinweg effektiv zu verwalten. Dies wird den Übergang der VNB zu einem aktiven Verteilernetzmanagement unterstützen und einen optimalen Netzbetrieb und eine DRES-Integration ermöglichen (*EvolvDSO, EU-SysFlex*).

## 5.3 Erkenntnisse aus Stakeholder-Engagements

### 5.3.1 Zusammenfassung der internationalen Umfrage

Im Rahmen der ISGAN-Arbeitsgruppe 6 "Exploring the interaction between power system stakeholders: Insights from Pilot Projects" wurde eine Umfrage durchgeführt, um Beiträge auf der Grundlage der Erfahrungen und Ergebnisse verschiedener Pilotprojekte aus der ganzen Welt zu sammeln. Der folgende Abschnitt fasst die wichtigsten Ergebnisse zusammen, die auf den Rückmeldungen verschiedener Befragter basieren.

#### **Befragte und Projektübersicht**

Die Umfrage, die im Rahmen der ISGAN-Arbeitsgruppe 6 durchgeführt wurde, zielte darauf ab, Erkenntnisse aus verschiedenen globalen Pilotprojekten zu sammeln, um die Interaktionen zwischen den Interessengruppen in Energiesystemen besser zu verstehen. Die Befragten stammten aus einem vielfältigen Pool, darunter Forschungseinrichtungen (50 %), Systembetreiber (40 %) und andere Branchenexpert:innen wie Regulierungsbehörden und Technologieanbieter (10 %). Der hohe Anteil akademischer Befragter zeigt die bedeutende Rolle theoretischer und empirischer Analysen für die Weiterentwicklung des Energiesektors. Zu den untersuchten Projekten gehörten SmartNet [1], DA/RE [2], Industry4Redispatch [3], CoordiNet[4], BeFlexible [5], Redispatch 3.0 [6], Equigy [7], und OneNet [8] die sich über mehrere europäische Länder wie Italien, Dänemark, Spanien, Deutschland, die Schweiz, Schweden und Griechenland erstrecken und sich bis nach Südkorea erstrecken. Diese Projekte stellen eine gemeinsame Anstrengung des internationalen Wissensaustauschs dar, die sich auf die Weiterentwicklung der Energiesystemlandschaft hin zu mehr Effizienz und Nachhaltigkeit konzentriert.

Die Einbeziehung der Interessengruppen war vielfältig, wobei ÜNB und VNB eine entscheidende Rolle beim Netzmanagement und -betrieb spielten. Industrielle und gewerbliche Verbraucher:innen zeigten eine deutliche Präsenz, was ihren hohen Energiebedarf und ihr Interesse an der Systemstabilität widerspiegelte. Aggregatoren erwiesen sich als wichtige Vermittler, die mehrere Energieresourcen koordinierten, um die Markteffizienz und Netzflexibilität zu verbessern. Umgekehrt zeigten Privatkund:innen ein relativ geringes Engagement, was auf einen Bedarf an integrierteren Mechanismen hindeutet, um kleinere Verbraucher:innen effektiv in das Energieökosystem zu integrieren.

#### **Strategien zur Einbindung von Stakeholdern**

Eine Vielzahl von strategischen Ansätzen wurde eingesetzt, um eine aktive Beteiligung und Kommunikation der Stakeholder zu ermöglichen. Zu den wichtigsten Strategien gehörten:

**Pilotprojekte:** In mehreren Pilotprojekten wurden speicherbasierte Dienstleistungen in Verteilnetzen getestet, um den ÜNB zu unterstützen. Dazu gehörten Wasserkraftprojekte in Italien, Funkba-

sisstationen in Spanien und energieeffiziente Schwimmbadssysteme in Dänemark. Diese realen Anwendungen boten eine praktische Grundlage für die Einbeziehung von Stakeholdern und die Validierung von Technologien.

**Proaktive Kommunikation:** Die Interaktion mit Stakeholdern wurde durch strukturierte Kommunikationskanäle wie Branchenveranstaltungen, spezielle Workshops und organisierte Sitzungen gefördert, die die Zusammenarbeit und den Wissensaustausch förderten.

**Technische Arbeitsgruppen:** In der Schweiz, Österreich und Deutschland wurde eine spezialisierte Arbeitsgruppe eingerichtet, die sich aus Expertinnen und Experten aus VNB, Solar-PV-Sektoren, Regulierungsbehörden und Forschungseinrichtungen zusammensetzt. Diese Gruppen ermöglichten eingehende Diskussionen über regulatorische und technische Herausforderungen, wie z. B. die Notwendigkeit externer Schutzeinrichtungen in Niederspannungsnetzen.

**Befragungen und Datenerhebung:** Zur Erhebung empirischer Daten wurden breit angelegte Befragungen von Akteuren in der Schweiz durchgeführt. Darüber hinaus steuerten Flexible Service Provider (FSPs) Daten durch strukturierte Erhebungsmethoden bei, um das Verständnis der nachfrage-seitigen Flexibilität sowohl auf der Verteilungs- als auch auf der Übertragungsebene zu verbessern.

**Workshops und Schulungsprogramme:** Es wurden spezielle Schulungen und Workshops durchgeführt, um die Stakeholder mit neuen Betriebsmodellen und den Ergebnissen von Pilotprojekten vertraut zu machen. Diese Initiativen ermöglichten es den FSPs, sich nahtlos mit innovativen Plattformen und Marktmechanismen zu verbinden.

**Laufende Systemüberprüfungen und -tests:** Um die Zuverlässigkeit und Sicherheit der vorgeschlagenen Lösungen zu gewährleisten, wurden kontinuierliche Schutztests und regelmäßige Überprüfungen der Verfahrenseffizienz durchgeführt.

**Joint Ventures und gemeinsame Anstrengungen:** Programme wie Equigy – ein Joint Venture mehrerer europäischer Übertragungsnetzbetreiber – wurden ins Leben gerufen, um ein interaktives Ökosystem für ÜNB-Stakeholder zu schaffen und eine engere Zusammenarbeit und den Austausch von Best Practices zu fördern.

**Nationale Plattformen:** Länder wie die Tschechische Republik nutzten nationale Smart-Grid-Plattformen, um eine breite Einbeziehung von Interessengruppen zu erleichtern und sicherzustellen, dass Aggregatoren und kleinere Marktteilnehmer:innen in die Diskussionen einbezogen wurden.

#### **Zeiträume für die Interaktion mit Stakeholdern**

Die Umfrageergebnisse zeigten unterschiedliche Zeiträume für die Interaktion mit Interessengruppen innerhalb der Energiesysteme:

- **Intraday-Interaktionen (60 %):** Die am weitesten verbreitete Kategorie, die die Notwendigkeit von schnellen Reaktionsfähigkeiten und Echtzeit-Entscheidungsfindung beim Netzmanagement unterstreicht.
- **Near-Real-Time-Interaktionen (30 %):** Diese Interaktionen unterstreichen die Bedeutung einer sofortigen Kommunikation und automatisierter Steuerungsmechanismen, um die Netzstabilität zu gewährleisten.
- **Day-Ahead-Planung (50 %):** Ein erheblicher Teil der Projekte nutzte Day-Ahead-Prognosen und Marktmechanismen, um die Betriebsplanung zu verbessern und die Energieverteilung zu optimieren.
- **Langfristige strategische Interaktionen (10 %):** Diese Interaktionen konzentrierten sich auf die Planung von Infrastrukturinvestitionen, regulatorischen Rahmenbedingungen und Nachhaltigkeitszielen, um die Ausrichtung an den Zielen der zukünftigen Energiewende sicherzustellen.

### **Flexibilitätsquellen und Marktkoordination**

Die Analyse der Flexibilitätsquellen innerhalb der untersuchten Projekte ergab eine starke Abhängigkeit von erzeugungsbasierter Flexibilität:

- **Erzeugungsressourcen (100 %):** Jedes Projekt nutzte große und dezentrale Erzeugung, was seine entscheidende Rolle beim Ausgleich von Angebot und Nachfrage unterstreicht.
- **Speicherlösungen (70 %):** Viele Projekte umfassten Batteriespeicher und alternative Energiespeichermethoden, was die wachsende Bedeutung von Energiereserven für die Stabilisierung des Netzes widerspiegelt.
- **Demand-Side Flexibility (70%):** Kundenbezogene Flexibilitätslösungen wie intelligente Wärmepumpen, Elektrofahrzeuge und industrielle Demand-Response-Programme wurden aktiv in Flexibilitätskonzepte integriert.
- **Großindustrielle Flexibilität (50 %):** Industrielle Verbraucher:innen spielten zwar eine wesentliche Rolle, aber Integrationsprobleme schränkten eine breitere Beteiligung an den Flexibilitätsmärkten ein.
- **Sektorübergreifende Kopplung (0 %):** In keinem Projekt wurde die vektorübergreifende Energiekopplung untersucht, was auf eine Lücke in den Sektorintegrationsstrategien hinweist.

Die Ansätze zur Marktkoordination variierten je nach Projekt, wobei sich Initiativen wie SmartNet und BeFlexible auf die Zusammenarbeit zwischen ÜNB und DSO konzentrierten, während andere, wie Equigy und Industry4Redispatch, fortschrittliche algorithmische Methoden zur Optimierung der Ressourcenallokation untersuchten. CoordiNet und OneNet demonstrierten strukturierte Frameworks für die Marktkoordination und verstärkten damit den Trend zu integrierten, dezentralen Marktmodellen.

### **Filtermechanismen für Flexibilitätskombinationen**

Ein erheblicher Teil (70 %) der Projekte implementierte Filtermechanismen, um Flexibilitätskombinationen effektiv zu verwalten. Diese Mechanismen, die in erster Linie von VNB verwaltet wurden,

stellten sicher, dass verteilte Ressourcen keine Verstöße gegen Systemeinschränkungen verursachen. Es wurden jedoch Bedenken hinsichtlich der Transparenz geäußert, da proprietäre VNB-Netzwerkmodelle die Sichtbarkeit oft einschränkten. Zu den Empfehlungen gehörten:

- **Entwicklung transparenterer Modelle:** Ermutigung der VNB, die Mechanismen für den Datenaustausch zu verbessern und gleichzeitig die Sicherheit zu gewährleisten.
- **Verbesserung der Koordination mit den ÜNB:** Verstärkte Zusammenarbeit zur Sicherstellung eines ganzheitlichen Netzmanagements.
- **Regulatorische Reformen:** Implementierung standardisierter Richtlinien für eine bessere Datenzugänglichkeit und Interoperabilität.

### **Regulatorische Hindernisse und Empfehlungen**

Die regulatorischen Rahmenbedingungen erwiesen sich als große Herausforderung für die Umsetzung der Flexibilität, wobei 80 % der Befragten sie als Haupthindernis bezeichneten. Zu den wichtigsten regulatorischen Hürden gehörten:

- Beschränkungen für die Beteiligung von Flexibilitätsressourcen in kleinem Maßstab.
- Fehlen standardisierter ÜNB-VNB-Koordinationsprotokolle.
- Uneinheitliche Marktmechanismen in den Regionen.

Projekte wie Redispatch 3.0 versuchten, diese Lücken durch die Einbeziehung kleinerer Flexibilitäts-einheiten zu schließen. Zu den Empfehlungen für regulatorische Verbesserungen gehörten, dass die VNB in die Lage versetzt werden, eine aktivere Rolle bei der Flexibilitätsoptimierung zu übernehmen, und die Marktstrukturen überarbeitet werden, um ein breiteres Spektrum von Flexibilitätsanbietern aufzunehmen.

### **Schlussfolgerung**

Die Umfrageergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit umfassender regulatorischer Rahmenbedingungen, robuster Standardisierungspraktiken und einer verbesserten Zusammenarbeit mit Interessengruppen, um die Entwicklung des Stromnetzes voranzutreiben. Die Bewältigung der IKT-Herausforderungen, die Förderung einer größeren Interoperabilität und die Verfeinerung der Marktkoordinierungsstrategien werden von entscheidender Bedeutung sein, um das volle Potenzial dezentraler Energiressourcen auf den künftigen Energiemärkten auszuschöpfen.

### **5.3.2 Stakeholder-Workshop**

Der Stakeholder-Workshop brachte wichtige Teilnehmer:innen aus Industrie und Regulierung zusammen, um die Herausforderungen und Strategien bei der Integration von Stromversorgungssystemen zu bewerten. Die Diskussionen deckten mehrere Schwerpunktbereiche ab, darunter Einblicke in Pilotprojekte, Interaktionen zwischen ÜNB und VNB, technische Herausforderungen, Datenaustausch, Cybersicherheit, Wirtschaftsmodelle, Standardisierung und Wissenstransferstrategien.

Ziel war es, Best Practices zu identifizieren, bestehende Hindernisse aufzuzeigen und zukünftige Forschungs- und Entwicklungsrichtungen zu skizzieren.

### **Einblicke in Pilotprojekte**

Pilotprojekte aus mehreren Ländern gaben Einblicke in die Umsetzung der Flexibilität. In Deutschland und den Niederlanden werden Ladelösungen für Elektrofahrzeuge getestet, um Netzengpässe zu bewältigen. Österreich baut eine verbesserte Aufnahmekapazität für die Integration erneuerbarer Energien auf, einschließlich neuer Lasten wie Wärmepumpen und Elektromobilität. In der Zwischenzeit steht Australien vor Herausforderungen im Zusammenhang mit der Beobachtbarkeit von dezentraler Photovoltaik und benötigt eine verbesserte Koordination für die Netznutzung. Norwegen konzentriert sich auf Prognosen und Aggregationen, um die Flexibilität der Lieferketten zu stärken. Das US-amerikanische Energy Resilience Model verbessert die Planung und erforscht die ortsbezogene Erzeugung und Energiespeicherung, während Irland, Frankreich und Israel Exportbeschränkungen eingeführt haben, die einen Ausbau der Infrastruktur erforderlich machen. Aggregatoren in Deutschland, Frankreich, Irland und den USA optimieren die Nachfragesteuerung und Lastreduzierung.

### **Herausforderungen und Lücken**

Die Einführung von Flexibilität steht vor regulatorischen, technischen und marktwirtschaftlichen Herausforderungen. Es fehlt ein einheitlicher regulatorischer Rahmen, und viele Prozesse passen sich nur langsam an. Regulatorische Hindernisse behindern häufig die Empfehlungen von Pilotprojekten und verhindern deren vollständige Umsetzung. Lokale Geschäftsmodelle für Flexibilität bleiben aufgrund des geringen Marktvolumens und des Mangels an Teilnehmer:innen begrenzt. Länder wie Australien haben mit einer unzureichenden Netzüberwachung zu kämpfen, die betriebliche Entscheidungen in Echtzeit behindert. Standardisierte Flexibilitätsdienste befinden sich in einem frühen Stadium, und die Implementierung von Vehicle-to-Grid (V2G) beschränkt sich meist auf intelligentes Laden ohne vollständige bidirektionale Fähigkeiten. Norwegen weist auf Schwächen bei Prognosetools und der Bereitschaft der Lieferkette hin und betont den Bedarf an skalierbaren, wiederholbaren Lösungen. Darüber hinaus ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen IKT-, Elektrotechnik- und Marktexpert:innen notwendig, um einen einheitlichen Rahmen für Flexibilitätslösungen zu schaffen. Das Fehlen sozial- und geisteswissenschaftlicher Perspektiven in den Projekten schränkt auch das Verständnis von Konsumverhalten und Engagement-Strategien ein.

### **Interaktion und Engagement von Stakeholdern**

Eine klare Definition der Rollen und Zuständigkeiten zwischen ÜNB und VNB ist entscheidend für das Flexibilitätsmanagement und die Integration erneuerbarer Energien. Traditionell überwachen die VNB das lokale und regionale Netze, erleichtern die Anbindung an verteilte Energieressourcen (DER) und sorgen für Zuverlässigkeit, während die ÜNB für die Hochspannungsübertragung und die Systemstabilität zuständig sind. Mit zunehmender Durchdringung erneuerbarer Energien ist jedoch eine engere Zusammenarbeit zwischen ÜNB und VNB erforderlich, um Lasten auszugleichen und Netzengpässe zu bewältigen. Norwegens Projekte stützen sich auf Konsortialvereinbarungen, während Justice40 in den USA für eine gerechte Verteilung der Vorteile sorgt.

Strategien zur Einbindung von Stakeholdern müssen eine Kartierung aller relevanten Parteien, einschließlich der Regulierungsbehörden, umfassen, die häufig abwesend sind. Die Nichteinbeziehung externer Stakeholder kann zu Insellösungen führen, denen es an breiter Anwendbarkeit mangelt. Workshops bieten eine effektive Plattform, um eine gemeinsame Sprache zwischen den verschiedenen Teilnehmer:innen zu etablieren. Die Beteiligung der Nutzer:innen sollte nach Möglichkeit vollständig automatisiert werden, und finanzielle Anreize können erforderlich sein, um das Engagement zu fördern. Die Niederlande und Frankreich entwickelten IT-Plattformen, um lokale Flexibilitätsmärkte zu erleichtern und die betriebliche Effizienz und das Netzmanagement zu verbessern. Darüber hinaus stellt die frühzeitige Definition von Endbenutzer:innenrollen in Forschungsprojekten die Abstimmung sicher und maximiert die Wirkung.

### **Technische Aspekte: Flexibilität des Stromversorgungssystems**

Die Modellierung von Stromversorgungssystemen und Flexibilität steht aufgrund von Einschränkungen des Datenzugriffs vor erheblichen Herausforderungen. Vielen VNB fehlt es an Transparenz von Mittel- und Niederspannungsnetze, was eine genaue Modellierung erschwert. Die Datenknappheit ist besonders ausgeprägt im privaten Bereich, wo Datenschutzbestimmungen wie die DSGVO den Zugriff weiter einschränken. Das Verständnis des Verbraucher:innenverhaltens ist für eine realistische Flexibilitätsmodellierung von entscheidender Bedeutung, aber Datenschutzbedenken müssen mit den Anforderungen an die gemeinsame Nutzung von Daten in Einklang gebracht werden. Das InterFlex-Projekt in Frankreich und den Niederlanden präsentierte innovative Lösungen, wie z. B. IT-Plattformen, die es VNB ermöglichen, Flexibilität von kommerziellen Anbietern und Aggregatoren zu beziehen.

Die Nutzung der Flexibilität hängt von einem dynamischen Demand-Side-Management und der Integration von Energiespeichern ab. Automatisierte Handelsplattformen (ATPs) können die Teilnahme an lokalen Flexibilitätsmärkten rationalisieren, aber sie erfordern einen Datenaustausch in Echtzeit, um effektiv zu funktionieren. ÜNB benötigen detaillierte Daten zur Systemfrequenz, um die Beiträge zu dezentralen Energieressourcen (DER) und die Netzstabilität zu überwachen. Während automatisierte Smart-Grid-Konzepte die Reaktionsfähigkeit optimieren können, deuten Kosten-Nutzen-Analysen darauf hin, dass Netzausbauten wirtschaftlicher sein können als komplexe Flexibilitätsplattformen auf niedrigeren Spannungsebenen. Die deutsche Redispatch 2.0-Verordnung ist ein Beispiel für die Notwendigkeit von Flexibilität auf der Vertriebssebene, aber es sind standardisierte Marktmechanismen erforderlich, um diese Initiativen zu skalieren.

### **IKT und Cybersicherheit**

Datenaustausch-Frameworks müssen mehr Vertrauen und Standardisierung bieten, um sichere Dienste für die Flexibilität des Stromnetzes zu ermöglichen. Europaweite gemeinsame Standards können die Interoperabilität zwischen ÜNB, VNB und Flexibilitätsanbietern fördern, aber regulatorische Bedenken und organisatorische Skepsis bremsen die Einführung. Open-Source-Ansätze können die Zusammenarbeit fördern und von Expert:innen begutachtete Sicherheitsverbesserungen ermöglichen. Cybersicherheit muss auf allen Ebenen des Systembetriebs integriert werden, um die

Widerstandsfähigkeit gegen sich entwickelnde Bedrohungen zu gewährleisten. Die Implementierung modularer Strategien für den Datenaustausch erhöht die Flexibilität bei gleichzeitiger Beibehaltung robuster Sicherheitsprotokolle. Systeme zur Erkennung von Anomalien können Cyberbedrohungen in Echtzeit identifizieren, und Penetrationstests sollten eine routinemäßige Praxis sein. Die North American Electric Reliability Cooperation (NERC) sorgt für die Aufsicht in Nordamerika, während Europa seine Sicherheitsrahmen verfeinern muss, um die Interaktionen zwischen Smart Meter Gateway (SMGW) zu schützen.

### **Wirtschaftliche und marktwirtschaftliche Überlegungen**

Die Entwicklung von Geschäftsmodellen beeinflusst die Einführung von Flexibilität, doch VNB sind bei der langfristigen Systemplanung mit Unsicherheiten konfrontiert. Regulatorische Hindernisse, wie z. B. Beschränkungen des Speicherbesitzes und das Modell "ein Asset, ein Service", behindern den Fortschritt. Österreichs Reallabore bieten kontrollierte Umgebungen, um Geschäftsmodelle vor der Markteinführung zu testen. Die Bewertung der Flexibilität bleibt eine Herausforderung; Knoten- und dynamische Preisgestaltungsmechanismen können einen orts- und zeitlichen Wert signalisieren, aber auch zu Komplexität führen. Die CO<sub>2</sub>-Bepreisung und die Erwägungen der sozialen Gerechtigkeit müssen aufeinander abgestimmt sein, um faire und effektive Anlagestrategien zu gewährleisten.

### **Normung und Regulierung**

Die Interoperabilität zwischen ÜNB und VNB ist für die Skalierung der Flexibilitätsmärkte von entscheidender Bedeutung. Die Niederlande treiben die Standardisierung intelligenter Energiesysteme voran, während EU-weite Rahmenwerke darauf abzielen, die nationalen Politiken anzugleichen. Standardisierungsprozesse sind oft langsam und verzögern Innovationen. Die Etablierung gemeinsamer Netzwerkmodelle, standardisierter Lexika und klarer Definitionen von Flexibilitätsprodukten verbessert die Koordination. Regulatorische Fehlausrichtungen können durch eine verstärkte Zusammenarbeit zwischen politischen Entscheidungsträger:innen und Interessenvertreter:innen der Industrie behoben werden, um die Konsistenz zwischen regionalen und nationalen Netzen zu gewährleisten.

### **Wissenstransfer und Zukunftsaussichten**

Effektive Wissenstransferstrategien sind für die branchenweite Einführung von Flexibilitätslösungen von entscheidender Bedeutung. Plattformen wie ISGAN und die Technologieplattform Smart Grids Austria (TPSGA) ermöglichen ein sektorübergreifendes Engagement, aber es ist eine bessere Integration der Forschungsergebnisse in die Politikgestaltung erforderlich. Die Kombination von persönlichen Workshops, virtueller Zusammenarbeit und kuratierten Online-Ressourcen kann die Zugänglichkeit und Wirkung verbessern. Künftige Arbeiten müssen sich auf die Standardisierung von Prozessen, die verstärkte Beteiligung von ÜNB und VNB an Pilotprojekten und die Sicherstellung einer gezielten Finanzierung der Skalierbarkeit konzentrieren. Geschäftsmodelle sollten klare Garantien für die Kapitalrendite bieten, um die Beteiligung zu fördern. Transparente Kommunikation und klar definierte Wertversprechen werden das Vertrauen der Stakeholder stärken und den Übergang zu einem flexiblen, widerstandsfähigen Energiesystem beschleunigen.

### 5.3.3 Expert:innen-Interviews

Um ein tieferes Verständnis für das Thema zu erlangen, wurden Interviews mit führenden Expert:innen auf diesem Gebiet geführt. Diese Gespräche boten wertvolle Perspektiven und deckten nuancierte Erkenntnisse auf, die durch Sekundärforschung allein möglicherweise nicht ersichtlich wären. Die Expert:innen tauschten sich über ihre Erfahrungen, Herausforderungen und Strategien aus und boten eine Mischung aus theoretischem Wissen und praktischer Anwendung. In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Beobachtungen zusammengefasst und wiederkehrende Themen, innovative Ansätze und umsetzbare Empfehlungen hervorgehoben, die in zukünftige Entscheidungen und Praktiken einfließen können.

Tabelle 1: Zusammenfassung des Projektgegenstands, der Herausforderungen und der Lösungen auf der Grundlage der Ergebnisse der Expert:innenbefragung

Projekt	Objektiv	Zentrale Herausforderungen	Lösungen
<b>Industry4Redispatch (I4RD)</b>	Ermöglichen Industrieanlagen, Flexibilität für den Redispatch zu bieten und gleichzeitig die Koordination zwischen ÜNB und VNB zu optimieren.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Aktivierung der Flexibilität in großem Maßstab führt zu Spannungs- und Stromverletzungen.</li> <li>Kompromiss zwischen Transparenz, Vertraulichkeit und Ressourcennutzung. - Industriekunden haben Schwierigkeiten, Blindleistungsänderungen zu berechnen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entwicklung eines <b>vereinfachten Vertriebssystemmodells</b>, um Vertraulichkeit und Transparenz in Einklang zu bringen.</li> <li>Implementierung von <b>Aggregationsplattformen</b> zur Optimierung der Gebotsauswahl unter Berücksichtigung der Netzwerkbeschränkungen.</li> </ul>
<b>Redispatch 3.0</b>	Erweitern den Redispatch 2.0 durch die Integration kleiner DERs (<100 kW) für das Engpassmanagement.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kleinen DERs fehlen Beteiligungsmechanismen beim Redispatch.</li> <li>VNB und Marktteilnehmer:innen stehen vor Interoperabilitätsproblemen. - Keine standardisierten Vorschriften für die Integration von Niederspanne-Flexibilität.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entwicklung einer <b>hierarchischen Kommunikationskaskade</b> zur Verbesserung der Koordination zwischen ÜNB und VNB.</li> <li>Vorschlag eines <b>Aggregationsobjektmodells</b> zur Standardisierung des flexiblen Datenaustauschs.</li> </ul>
<b>CoordiNet</b>	Verbessern die Zusammenarbeit zwischen ÜNB und VNB bei der Beschaffung von	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regulatorische Unterschiede zwischen den Ländern behindern die Harmonisierung des Marktes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entwicklung von <b>Kooperationsplattformen zwischen ÜNB und VNB</b> für den Datenaustausch.</li> </ul>

Projekt	Objektiv	Zentrale Herausforderungen	Lösungen
	Netzdienstleistungen und Flexibilität.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mangel an standardisierten Produkten für Flexibilitätsdienstleistungen. - Die Kundenbindung ist gering.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Standardisierte Schlüsselparameter für Netzdienstleistungen. - Durchführung <b>groß angelegter Demonstrationen</b> in Spanien, Schweden und Griechenland.</li> </ul>
<b>OneNet</b>	Schaffung eines einheitlichen europäischen Frameworks für eine nahtlose Zusammenarbeit zwischen ÜNB und VNB und die DER-Integration.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unterschiedliche Datenmodelle und Kommunikationsprotokolle erschweren die Interoperabilität.</li> <li>Fragmentierte lokale Märkte behindern die Skalierbarkeit. - Unterschiedliche nationale Vorschriften bremsen die Standardisierung.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entwicklung der <b>OneNet Middleware</b>, einer dezentralen Plattform für den standardisierten Datenaustausch.</li> <li>Einführung eines <b>harmonisierten Marktrahmens</b> für die Integration lokaler und grenzüberschreitender Flexibilität. –</li> <li>Durchführung <b>von Demonstrationen</b> in der Praxis in allen EU-Regionen.</li> </ul>
<b>InteGrid</b>	Verbessern von vorausschauendem Netzmanagement und Integration flexible Energieressourcen in VNB.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe <b>Mindestgebotsgröße (1 MW)</b> schließt kleine Akteure aus. - Keine standardisierten Flexibilitätsprodukte auf DSO-Ebene.</li> <li>Unklares Gleichgewicht zwischen <b>kurzfristigen und langfristigen</b> Flexibilitätsmärkten.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entwicklung eines <b>Ampelsystems (TLS)</b> zur Validierung von Flexibilitätsgeboten und zur Vermeidung von Netzproblemen.</li> <li>Empfehlung <b>langfristiger Flexibilitätsverträge</b> zur Integration von Flexibilität in VNB-Investitionspläne.</li> </ul>
<b>Einblicke aus Japan</b>	Schauen Sie sich das <b>japanische Connect &amp; Manage System</b> an, in dem ÜNB- und VNB-Funktionen integriert sind.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Anreize für DER-Aggregatoren sind unklar.</li> <li>Herausforderungen bei der <b>Bewältigung der täglichen Netzumstellung</b>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schwerpunkt <b>auf der Kosten-Nutzen-Analyse</b> der DER-Flexibilität im Vergleich zur Netzverstärkung.</li> <li>Einrichtung einer <b>nahtlosen Koordination</b> zwi-</li> </ul>

Projekt	Objektiv	Zentrale Herausforderungen	Lösungen
			schen Angebots-, Nachfrage- und Engpassmanagement.

### 5.3.4 Verzeichnis der Veröffentlichungen

Im Zeitraum 2023–2024 veröffentlichte die ISGAN-Arbeitsgruppe 6 die folgenden Dokumente, die für Österreich relevant sind.

#### **Network Planning and Decision-Making under Uncertainty – Discussion Paper and Policy Brief**

*Veröffentlicht am 29. August 2024*

Diese Initiative zielte darauf ab, globale Erkenntnisse zu Herausforderungen und Lösungsansätzen in der Netzplanung zusammenzutragen, um sicherzustellen, dass Stromnetze wirksam zu den Zielen für nachhaltige Entwicklung (SDGs) beitragen können. An dem Projekt waren Forschende, politische Entscheidungstragende sowie Vertretende von Übertragungs- und Verteilnetzbetreibern beteiligt. Die leitende Fragestellung fasste das übergeordnete Ziel zusammen: Wie können Stromnetze strategisch entwickelt werden, um mit den globalen Nachhaltigkeitszielen in Einklang zu stehen und zu deren Erreichung beizutragen?

Das Projekt untersuchte verschiedene langfristige Aspekte der Netzplanung, darunter den effektiven Umgang mit inhärenter Unsicherheit und Komplexität, die Ko-Evolution regulatorischer Rahmenbedingungen, die Entwicklung von Fachkräften sowie eine verstärkte Koordination aller Beteiligten im gesamten Planungsprozess. Dieser Bericht bietet eine detaillierte Darstellung des kollaborativen Prozesses, der angewandten Methoden und der in jeder Phase erzielten Ergebnisse. Dabei liegt ein besonderer Fokus auf der Erläuterung von Bedeutung und Kontext der zusammengefassten politischen Kernbotschaften, die das zentrale Ergebnis des Projekts darstellen.

Link: <https://iea-iskan.org/network-planning-and-decision-making-under-uncertainty-discussion-paper-and-policy-brief/>

#### **How can Aggregators Improve the TSO-DSO-Customer Coordination in Digitalised Power Systems? – Discussion Paper and Policy Brief**

*Veröffentlicht am 4. Juli 2024*

Die EU-Verordnung hat die Rolle unabhängiger Aggregierender definiert, die nicht mit den Energieversorgenden der Kundschaft verbunden sind. Allerdings ist die Rolle unabhängiger Aggregierender bislang noch nicht vollständig umgesetzt. Es existieren bereits Aggregierungsdienstleistungen, jedoch bestehen Herausforderungen darin, unterschiedliche Lösungen der Aggregierenden so zu integrieren, dass sie die Koordination zwischen Übertragungs- und Verteilnetzbetreibern (TSO-DSO) unterstützen und die aktive Beteiligung der Kundschaft stärken.

Diese Arbeit untersuchte, wie Aggregierende die Koordination zwischen TSO, DSO und Kundschaft in einem digitalisierten Stromsystem verbessern können. Dazu wurden bestehende politische Rahmenbedingungen analysiert, ihre Rolle sowie mögliche Koordinationsansätze betrachtet und sowohl technische als auch nicht-technische Herausforderungen adressiert.

Link: <https://iea-isgan.org/how-can-aggregators-improve-the-tso-dso-customer-coordination-in-digitalised-power-systems-discussion-paper-and-policy-brief/>

### **Summary of regulatory activities and conclusions of the FlexPlan project**

*Veröffentlicht am 4. Juli 2024*

FlexPlan entwickelte ein neues, innovatives Netzplanungsinstrument mit dem Anspruch, über den Stand der Technik bestehender Planungsmethoden hinauszugehen, indem folgende innovative Funktionen integriert wurden:

- Bewertung der optimalen Planungsstrategie durch die gleichzeitige Analyse einer großen Anzahl potenzieller Ausbauoptionen, die von einem Vorverarbeitungs-Tool bereitgestellt werden,
- gleichzeitige Bewertung der mittel- und langfristigen Planung über drei Netzzahre (2030, 2040, 2050),
- Einbeziehung eines umfassenden Spektrums von Kosten-Nutzen-Kriterien in die Zielfunktion, integrierte Planung von Übertragungs- und Verteilnetzen,
- integrierte Umweltanalyse (Luftqualität, CO<sub>2</sub>-Fußabdruck, landschaftliche Einschränkungen),
- probabilistische Kontingenzmethoden als Ersatz für das traditionelle N-1-Kriterium,
- Anwendung numerischer Dekompositionstechniken zur Reduzierung des Rechenaufwands,
- Analyse der Variabilität erneuerbarer Energiequellen (RES) und von Lastzeitreihen mittels stochastischer Optimierung.

Zur Betrachtung der Netzplanung in Europa bis 2050 wurden sechs regionale Fallstudien entwickelt, die nahezu den gesamten europäischen Kontinent abdecken.

FlexPlan schloss mit der Formulierung von Leitlinien für Regulierungsbehörden und Planungsstellen von Systembetreibern ab. Dabei wurde aufgezeigt, in welchem Ausmaß Systemflexibilität zur Reduzierung der Gesamtsystemkosten (Betrieb und Investitionen) beitragen kann, während gleichzeitig das bestehende Systemsicherheitsniveau erhalten bleibt, und welche regulatorischen Rahmenbedingungen diesen Prozess fördern können.

Link: <https://iea-isgan.org/wp-content/uploads/2025/09/FlexPlan-ISGAN-report-on-final-results-3.pdf>

## **Energy communities' impact on grids – Energy community embedment increasing grid flexibility and flourishing electricity markets**

*Veröffentlicht am 7. Juni 2024*

Die neue Rolle von Energiegemeinschaften stellt sowohl eine Chance als auch eine Herausforderung für Verteilnetzbetreiber (VNB) und in der Folge auch für Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) dar. Sie können das Flexibilitätspotenzial aktiver Verbrauchender erschließen und die Integration dezentraler erneuerbarer Energien sowie neuer Technologien wie Dach-Photovoltaikanlagen, Elektrofahrzeuge oder Batteriespeicher verbessern. Gleichzeitig müssen Energiegemeinschaften alle damit verbundenen Pflichten und Verantwortlichkeiten erfüllen, wenn sie als Liefernde, aktive Kundschaft oder in anderen bestehenden Markttrollen agieren. Sie müssen zu gleichen Bedingungen wie andere Marktteilnehmende handeln.

Jedes Land bietet eine Vielzahl unterschiedlicher Rechtsformen für neu gegründete Energiegemeinschaften, was zu einer stark fragmentierten Landschaft führt. Derzeit sind diese meist auf eine bestimmte Umverteilung von Zahlungsströmen beschränkt. Eine Weiterentwicklung hin zu einer vollständigen Integration zur Unterstützung von Demand-Response-Prozessen auf Verteil- und Übertragungsebene erfordert robuste Organisationsformen und tragfähige Geschäftsmodelle. Aus technischer Sicht gibt es bedeutende wissenschaftliche Arbeiten zur Verbesserung der Lastabstimmung auf Ebene einzelner Verbrauchender und auf Gemeinschaftsebene. Allerdings berücksichtigen diese Studien häufig nicht das Stromnetz selbst, dessen Einschränkungen, Herausforderungen und den koordinierten Betrieb, weshalb die Lösungen nicht ohne Weiteres großflächig anwendbar sind.

Dieses Papier gibt zunächst einen kurzen Überblick über die Entwicklung von Energiegemeinschaften, gefolgt von einer Analyse der Auswirkungen einer großflächigen Umsetzung auf die Stromnetze. Anschließend werden wirtschaftliche Abläufe in der Energiewirtschaft sowie organisatorische Geschäftsmodelle diskutiert, da beide entscheidend für die Förderung tragfähiger Energiegemeinschaften sind. Abschließend werden Schlussfolgerungen sowie Empfehlungen für Innovations- und Forschungsaktivitäten formuliert.

Link: [https://iea-isgan.org/wp-content/uploads/2025/09/2024-ISGAN-WG6-ETIP-SNET\\_Energy-communities-impact-on-grids-1.pdf](https://iea-isgan.org/wp-content/uploads/2025/09/2024-ISGAN-WG6-ETIP-SNET_Energy-communities-impact-on-grids-1.pdf)

## **Flexibility for Resilience – Policy Message**

*Veröffentlicht am 27 September, 2023*

Moderne Energiesysteme werden zunehmend digitaler und stärker miteinander vernetzt. Dies verbessert die Effizienz und unterstützt die Dekarbonisierung, erhöht jedoch auch die Anfälligkeit gegenüber Klimafolgen und geopolitischen Risiken. Die steigende Stromnachfrage – angetrieben durch Elektrifizierung und extreme Wetterereignisse – belastet zusätzlich die Systemzuverlässigkeit, während traditionelle Flexibilitätsquellen zurückgehen.

Flexibilität ist entscheidend, um das Gleichgewicht zu halten, Engpässe zu bewältigen und auf Notfälle zu reagieren. Sie entwickelt sich von einem Instrument, das hauptsächlich im Systembetrieb eingesetzt wird, zu einem zentralen Element, das in die langfristige Planung, das Marktdesign und Investitionsentscheidungen integriert ist. Neue Lösungen wie Lastmanagement (Demand Response), intelligentes Lastmanagement, dezentrale Energiespeicherung (z. B. Elektrofahrzeuge) und Mikronetze können die Resilienz auf kosteneffiziente und dezentralisierte Weise stärken.

Zu den wichtigsten Herausforderungen zählen die begrenzte Einführung digitaler und koordinierender Technologien, fehlende klare Marktanreize und Geschäftsmodelle sowie regulatorische Lücken – insbesondere bei der Bewertung und Bepreisung von Resilienz. Auch die Beteiligung der Verbraucher und ein gerechter Zugang zu den Vorteilen bleiben zentrale Themen.

Die Bewältigung dieser Herausforderungen erfordert ein koordiniertes Vorgehen aller Beteiligten, um Energiesysteme neu zu gestalten, regulatorische Rahmenbedingungen zu verbessern, Investitionen zu ermöglichen und flexible Ressourcen vollständig zu nutzen – für eine widerstandsfähigere und zuverlässigere Zukunft.

*Link: <https://iea-isgan.org/wp-content/uploads/2025/09/Flexibility-for-Resilience-policy-message.pdf>*

# 6 Vernetzung und Ergebnistransfer

Die Inhalte des Projekts wurden für verschiedene Stakeholder aus Forschung, Industrievertreter:innen, Fördergebern und Politik aufbereitet und auf verschiedenen Plattformen präsentiert, um sie einem möglichst breiten Publikum zugänglich zu machen. Zu diesem Zweck wurden folgende Plattformen genutzt:

- ISGAN Webseite ([www.iea-ISGAN.org](http://www.iea-ISGAN.org))
- Benachrichtigung über Veröffentlichungen auf [www.nachhaltigwirtschaften.at](http://www.nachhaltigwirtschaften.at)
- 2 Vorträge beim halbjährlichen Treffen der Technologieplattform Smart Grids Austria: Der direkte Austausch mit der gesamten Branche ist ein wichtiger Faktor für die zielgerichtete Bearbeitung der für diese Anspruchsgruppe relevanten Themen.
- Vortrag auf ISGAN ExCo Meetings und Side Events:
  - Teilnahme am 26. und 28. ExCo-Treffen des World Cafés
  - Ausrichtung des Workshops der Arbeitsgruppe 6 als Side-Event: *Flexibilität für Resilienz und Energiesystem Interaktion mit Stakeholdern: Erkenntnisse aus Pilotprojekten*
- Direkte Abstimmung mit dem BMK; Kontakt: Michael Hübner
- Ministertreffen beim Clean Energy Ministerial (CEM):
  - 14. CEM: Die Arbeitsgruppe 6 trug zur Entwicklung des ISGAN Policy Brief zur Neugestaltung von Netzplanungsprozessen für eine beschleunigte Energiewende bei
  - 15. CEM: Die Arbeitsgruppe 6 trug zur Entwicklung des ISGAN Policy Brief zur langfristigen Planung intelligenter Verteilnetze bei<sup>3</sup>
- Weitere Policy Briefs wurden von der Arbeitsgruppe 6 erstellt.
  - Netzplanung und Entscheidungsfindung im Rahmen von Unsicherheit – Kurzbericht
  - Wie können Aggregatoren die Koordination von ÜNB, VNB und Kunden in digitalisierten Energiesystemen verbessern?
- Vorstellung der Arbeit von ISGAN im Rahmen eines von der RWTH Aachen veranstalteten ÜNB-VNB-Interaktionsworkshops.
- PEM-Papier: Basierend auf den Ergebnissen der Arbeit der Arbeitsgruppe 6 wurde eine Einreichung für das IEEE Power and Energy Magazine mit dem Titel "How flexibility can support resilience" eingereicht.

Die Zielgruppen dieser verschiedenen Kommunikationskanäle sind für internationale und nationale Zielgruppen wie folgt zugeordnet:

---

<sup>3</sup> <https://www.iea-isgan.org/isgan-launches-new-policy-brief-at-cem15-in-brazil/>

Tabelle 2: Überblick über internationale und nationale Zielgruppen für Kommunikation und Verbreitung

	National	International	Forschung	Industrie	Politik
ISGAN Webseite	X	X	X	X	X
Website für nachhaltige Unternehmen			X	X	X
Vorträge auf der TPSGA	X			X	
Vorträge auf ISGAN Events		X			X
Internationale Konferenzen/ Publikationen		X	X	X	

Die entwickelten Ergebnisse sind auf der ISGAN-Website unter folgendem Link verfügbar:  
<https://www.iea-isgan.org/exploring-the-interaction-between-power-system-stakeholders-in-sights-from-pilot-projects/>

# 7 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

## 7.1 Schlussfolgerungen aus dem Projekt

In diesem Bericht wird die entscheidende Bedeutung der Systemflexibilität in modernen Stromnetzen und die Notwendigkeit einer verbesserten Koordination zwischen ÜNB, VNB, Marktteilnehmer:innen und anderen wichtigen Interessensgruppen dargelegt. Der Übergang zu einem dezentralen, auf erneuerbaren Energien basierenden Paradigma erfordert die Etablierung robuster Marktarchitekturen, anpassungsfähiger regulatorischer Rahmenbedingungen und modernster technologischer Fortschritte, um die Netzstabilität aufrechtzuerhalten, die betriebliche Effizienz zu optimieren und die Systemkosten zu minimieren. Erkenntnisse aus internationalen Pilotprojekten unterstreichen die Notwendigkeit klar definierter Rollen, marktorientierter Mechanismen zur Beschaffung von Flexibilität, des Einsatzes fortschrittlicher IKT-Lösungen. Die Konvergenz der Rechtsvorschriften ist ebenfalls von entscheidender Bedeutung, um die nahtlose Integration von DER und die Skalierbarkeit der Flexibilitätsmärkte zu gewährleisten.

Die Analyse zeigt, dass eine fortschrittliche ÜNB-VNB-Koordination nicht nur die Ressourcenzuweisung optimiert, sondern auch Netzüberlastungen verringert, die Ausfallsicherheit erhöht und die Betriebsplanung verfeinert. Die Digitalisierung und Implementierung von vorausschauender Analyse und Echtzeit-Automatisierung ist entscheidend für die Verbindung des Marktbetriebs und des Netzmanagements. Dennoch müssen anhaltende Herausforderungen wie regulatorische Fehlanpassungen, begrenzte Marktliquidität, Schwachstellen im Bereich der Cybersicherheit und Interoperabilitätseinschränkungen bei digitalen Plattformen systematisch angegangen werden. Die Überwindung dieser Hindernisse erfordert einen integrierten Ansatz, der regulatorische Weiterentwicklung, Zusammenarbeit mehrerer Interessengruppen und kontinuierliche Investitionen in technologische Innovation kombiniert.

Basierend auf den Erkenntnissen aus internationalen Pilotprojekten und dem Feedback der Interessenträger:innen zielen die folgenden Empfehlungen darauf ab, die Koordination zwischen ÜNB und VNB zu verbessern, fortschrittliche IKT-Instrumente und Marktmechanismen einzusetzen und die regulatorischen Rahmenbedingungen zu verfeinern.

### 1. Stärkere Koordination zwischen ÜNB und VNB:

- Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen den Beteiligten, um die Netzeffizienz zu verbessern, Flexibilitätsressourcen zu optimieren und ein widerstandsfähigeres Energiesystem zu gewährleisten.

## **2. Investitionen in technologische Innovation und Integration:**

- Vorrangige Investitionen in Technologien und deren nahtlose Integration, um die Netzflexibilität zu erhöhen, die Digitalisierung zu unterstützen und die Effizienz des Gesamtsystems zu verbessern.
- Sicherstellen, dass alle IKT-Lösungen robuste Cybersicherheitsstandards (z. B. ISO/IEC 27002/27019) und Datenschutzvorschriften (z.B. DSGVO) einhalten und gleichzeitig die Interoperabilität erleichtern.

## **3. Entwicklung von Marktmechanismen für mehr Flexibilität:**

- Entwicklung und Verfeinerung der Marktstrukturen, um Flexibilitätsdienste besser zu berücksichtigen und eine faire Vergütung, eine stärkere Beteiligung und eine effiziente Ressourcenzuweisung zu gewährleisten.
- Schaffung von Flexibilitätsmärkten, die dynamische Preisbildung, Gebotsstapelung und Gebotsweiterleitung unterstützen. Diese Modelle sollten sowohl DSOs als auch TSOs in die Lage versetzen, Hilfsdienste effizient zu beschaffen und gleichzeitig lokale und systemweite Bedürfnisse auszugleichen.
- Entwicklung von Anreizen und standardisierten Präqualifikationsverfahren, um die Beteiligung von Anbietern dezentraler Energieressourcen (DER), Aggregatoren und Dienstleistern zu erhöhen.

## **4. Stärkung des regulatorischen und politischen Rahmens:**

- Schaffung klarer, zukunftsorientierter regulatorischer und politischer Rahmenbedingungen, die Innovation, Marktstabilität und die effektive Integration neuer Flexibilitätslösungen fördern.
- Angleichung und Aktualisierung der Netzkodizes und des Regulierungsrahmens, um die sich entwickelnden Rollen der ÜNB, VNB und aufstrebenden Marktteilnehmer:innen widerzuspiegeln und sicherzustellen, dass innovative Koordinierungsmodelle in größerem Umfang eingesetzt werden können.
- Schaffung kontrollierter Umgebungen, um neue Marktkonzepte, IKT-Lösungen und Koordinierungsstrategien vor einer breiteren Einführung zu testen und zu verfeinern. Dies kann durch die Einführung von regulatorischen Freiräumen erreicht werden.

## **5. Förderung der Einbeziehung von Interessenvertretern und Verbraucher:innen:**

- Aktive Einbeziehung aller relevanten Akteure, einschließlich der Verbraucher:innen, in die Energiewende durch Sensibilisierung, Schaffung von Anreizen und Ermöglichung der Teilnahme an Flexibilitätsmärkten.
- Vereinfachung der Marktteilnahme durch benutzerfreundliche Schnittstellen, dynamische Tarife und transparente Kommunikation über Systemvorteile.
- Stärkung des Verbraucher:innenbewusstseins und der Energiekompetenz, damit Prosumenten und Aggregatoren wirksam zu den Flexibilitätsmärkten beitragen und von ihnen profitieren können.

## **6. Erleichterung von kontinuierlichem Lernen und Wissenstransfer:**

- Fortlaufende Lerninitiativen, Plattformen für den Wissensaustausch und die Zusammenarbeit zwischen den Akteuren der Branche fördern, um über neue Trends, bewährte Verfahren und technologische Fortschritte informiert zu bleiben.
- Regelmäßige Überprüfung der aus internationalen Pilotprojekten gewonnenen Erkenntnisse, um operative Strategien anzupassen, Technologien zu verfeinern und Marktmodelle zu aktualisieren.
- Förderung von Workshops, Umfragen und Expert:inneninterviews zum kontinuierlichen Erfahrungsaustausch und zur Förderung gemeinsamer Innovationen im gesamten Energiesektor.

Mit Blick auf die Zukunft erfordert die Transformation des Energiesektors eine Weiterentwicklung der Flexibilitätsmärkte, um der zunehmenden Durchdringung erneuerbarer Energien und der weit verbreiteten Elektrifizierung von Industrie-, Gewerbe- und Privatgebäuden gerecht zu werden. Künftige Forschungs- und Industriebemühungen sollten sich vorrangig auf die Verfeinerung der Beschaffungsmethoden, die Verbesserung der bidirektionalen Echtzeit-Koordination zwischen den Netzbetreibern und die Förderung von Sektorkopplungsmechanismen konzentrieren, um die Interoperabilität mehrerer Energiesysteme zu fördern. Die Integration fortschrittlicher digitaler Technologien wie auf künstlicher Intelligenz basierender Optimierung, und Echtzeitanalysen wird entscheidend sein, um die Effizienz des Flexibilitätshandels zu maximieren und einen optimalen Systemausgleich zu gewährleisten.

Die Regulierungsbehörden werden ermutigt, die Rahmenbedingungen weiterhin anzupassen und zu harmonisieren, um Innovationen zu fördern und gleichzeitig die Zuverlässigkeit, Sicherheit und Markttransparenz des Systems zu wahren. Politische Entscheidungsträger:innen sollten sich um eine regionale und internationale Politiksynchrisation bemühen, um einen einheitlichen Ansatz für die Integration von Flexibilität zu etablieren, die Marktkohärenz zu gewährleisten und grenzüberschreitende Ineffizienzen zu minimieren. Weitere Pilotprojekte und groß angelegte Demonstrationsinitiativen werden bei der Validierung, Verfeinerung und Skalierung neuer Lösungen von entscheidender Bedeutung sein, um ihre praktische Anwendbarkeit auf verschiedenen Energiemärkten sicherzustellen.

Letztendlich wird die erfolgreiche Einführung von Flexibilitätsdiensten von einer integrierten Anstrengung aller relevanten Interessengruppen abhängen, einschließlich politischer Entscheidungsträger:innen, Regulierungsbehörden, ÜNB, VNB, Aggregatoren, Marktteilnehmer:innen und Verbraucher:innen. Durch die Nutzung fortschrittlicher Lösungen, die Optimierung von Marktstrukturen und die Harmonisierung der Vorschriften kann der Energiesektor in eine widerstandsfähigere, nachhaltigere und wirtschaftlich optimierte Zukunft übergehen. Das kontinuierliche Engagement und die Zusammenarbeit aller Akteure werden entscheidend sein, um die sich entwickelnde Komplexität moderner Energiesysteme zu bewältigen und ein vollständig integriertes, dekarbonisiertes und intelligentes Stromnetz zu erreichen.

## 7.2 Empfehlungen für die österreichische FTI-Politik

Das Projekt "Unsere Energiewelt 2040" der Österreichischen Energieagentur<sup>4</sup> skizziert eine Vision, bei der erneuerbare Energiequellen wie Photovoltaik, Wind- und Wasserkraft das Stromsystem dominieren. In diesem Zukunftsszenario puffern flexible Kraftwerke und verschiedene Speicherlösungen Spitzen ab und liefern Energie in Zeiten geringerer erneuerbarer Erzeugung. Diese Vision unterstreicht die Bedeutung von Flexibilität und damit der Interaktion mit den Stakeholdern im Stromsystem, um die österreichischen Energie- und Klimaziele zu erreichen.

Eine effiziente Abstimmung von ÜNB und VNB ermöglicht eine bessere Nutzung der Flexibilität, optimiert den Netzbetrieb und sorgt für eine zuverlässige Stromversorgung ohne kostspieligen Infrastrukturausbau. Durch die Entwicklung marktbasierter Flexibilitätslösungen und standardisierter Verfahren kann Österreich das Potenzial erneuerbarer Energien maximieren und gleichzeitig ein sicheres und effizientes Stromsystem aufrechterhalten.

Die ISGAN Arbeitsgruppe 6 bietet Österreich Zugang zu internationalen Best Practices, technischer Expertise und politischen Empfehlungen für das Management der Netzflexibilität. Durch die ISGAN Arbeitsgruppe 6 kann Österreich zu globalen Erkenntnissen über die Entwicklung von Smart Grids beitragen und davon profitieren und so innovative Lösungen für eine stabile und nachhaltige Energiezukunft mitgestalten. Österreich spielt eine führende Rolle in der ISGAN-Arbeitsgruppe 6 und leitet die Aufgabe zur Interaktion zwischen ÜNB und VNB, die eine entscheidende Voraussetzung für die Nutzung der Flexibilität im Stromnetz ist. Diese Führungsrolle zu halten, ist unerlässlich, um die internationalen Aktivitäten im Rahmen der Aufgabe zu lenken und gleichzeitig sicherzustellen, dass österreichische Expertise und Projekte effektiv in den globalen Smart-Grid-Dialog integriert werden. Durch die Beibehaltung dieser Position kann Österreich seine Initiativen weiterentwickeln und an internationalen Best Practices messen und seine Rolle bei der Gestaltung innovativer Lösungen für Netzflexibilität und Systemintegration stärken.

Darüber hinaus gibt es noch grundsätzliche Fragen im Bereich der Bereitstellung und Nutzung technischer Flexibilität und ihrer Nutzung über Märkte, die geklärt werden müssen. Daher müssen die Themen auch im Rahmen von Forschungsprojekten und Reallabor-Projekten speziell für Österreich untersucht werden.

---

<sup>4</sup> <https://unsereenergiewelt2040.at/>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenfassung des Projektgegenstands, der Herausforderungen und der Lösungen auf der Grundlage der Ergebnisse der Expert:innenbefragung .....	46
Tabelle 2: Überblick über internationale und nationale Zielgruppen für Kommunikation und Verbreitung .....	53

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Übersicht der bisherigen Publikationen aus ISGAN Arbeitsgruppe 6 .....	16
Abbildung 2: Übersicht der Arbeitsgruppe 6 mit den Zielen, Schwerpunktbereichen, teilnehmenden Ländern und jüngsten Aktivitäten .....	18
Abbildung 3: Überblick der Methodik und des Ansatzes .....	21
Abbildung 4: Überblick über die ÜVB-VNB-Projektlandschaft .....	23

## Literaturverzeichnis

- [1] „SmartNet project“. Zugegriffen: 18. Oktober 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://smartnet-project.eu/the-project/index.html#brief>
- [2] „DARE Plattform“. Zugegriffen: 5. Mai 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.dare-plattform.de/>
- [3] „Industry for Redispatch“. Zugegriffen: 4. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.nefi.at/en/project/industry4redispatch>
- [4] „CoordiNet“. [Online]. Verfügbar unter: <https://coordinet.netlify.app/projects/project>
- [5] „BeFlexible“. [Online]. Verfügbar unter: <https://beflexible.eu/pilot-test/>
- [6] „Redispatch 3.0“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.redispatch3.eu/>
- [7] „Equigy“. Zugegriffen: 7. Dezember 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://equigy.com/>
- [8] „OneNet Project“. Zugegriffen: 12. Dezember 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.onenet-project.eu/the-project/>

## Abkürzungen

AMQP	Advanced Message Queuing Protocol
ATP	Automatisierte Handelsplattformen
BMK	Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
CEM	Clean Energy Ministerial
DER	Distributed Energy Resources
DG	Distributed Generations
DNUT	Dynamic Network Usage Tariffs
ENTSO-E	European Network of Transmission System Operators for Electricity
FSP	Flexibility Service Provider
GIS	Geografischen Informationssystemen
IEC	International Electrotechnical Commission
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
MW	Megawatt

NERC	North American Electric Reliability Cooperation
SMGW	Smart Meter Gateway
TPSGA	Technologieplattform Smart Grids Austria
TSL	Ampelsystems / Traffic Light System
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
V2G	Vehicle to grid
VNB	Verteilnetzbetreiber

## Anhang

Projekt	Projekttitel und Link
evolVDSO	Development of methodologies and tools for new and evolving DSO roles for efficient DRES integration in distribution networks  <a href="https://cordis.europa.eu/project/id/608732">https://cordis.europa.eu/project/id/608732</a>
TDX-ASSIST	Coordination of Transmission and Distribution data eXchanges for renewables integration in the European marketplace through Advanced, Scalable and Secure ICT Systems and Tools  <a href="http://www.tdx-assist.eu/">http://www.tdx-assist.eu/</a>
IntePlan	INTEgrated opeRation PLANning tool towards the Pan-European Network  <a href="https://www.interplan-project.eu/">https://www.interplan-project.eu/</a>
SmartNet	Smart TSO-DSO interaction schemes, market architectures and ICT Solutions for the integration of ancillary services from demand side management and distributed generation.  <a href="https://smartnet-project.eu/index.html">https://smartnet-project.eu/index.html</a>
EU-SysFlex	Pan-European system with an efficient coordinated use of flexibilities for the integration of a large share of RES  <a href="http://eu-sysflex.com/">http://eu-sysflex.com/</a>
EUniversal	Market enabling interface to unlock flexibility solutions for cost-effective management of smarter distribution grids  <a href="https://euniversal.eu/">https://euniversal.eu/</a>
GoFlex	Generalized Operational FLEXibility for Integrating Renewables in the Distribution Grid  <a href="https://goflex-project.eu/">https://goflex-project.eu/</a>
HybridVPP4DSO	<a href="https://www.grazer-ea.at/hybridvpp4dso/front_content.html">https://www.grazer-ea.at/hybridvpp4dso/front_content.html</a>
InteGrid	Demonstration of INTElligent grid technologies for renewables INTEgration and INTERactive consumer participation enabling INTERoperable market solutions and INTERconnected stakeholders  <a href="https://integrid-h2020.eu/">https://integrid-h2020.eu/</a>
InteFlex	Interactions between automated energy systems and Flexibilities brought by energy market players

	<a href="https://interflex-h2020.com/">https://interflex-h2020.com/</a>
Interface	TSO-DSO-Consumer INTERFACE architecture to provide innovative grid services for an efficient power system  <a href="http://www.interrface.eu/restricted.html">http://www.interrface.eu/restricted.html</a>
ATTEST	Advanced Tools Towards cost-efficient decarbonisation of future reliable Energy Systems  <a href="https://attest-project.eu/">https://attest-project.eu/</a>
CoordiNet	Large scale campaigns to demonstrate how TSO-DSO shall act in a coordinated manner to procure grid services in the most reliable and efficient way  <a href="https://coordinet.netlify.app/">https://coordinet.netlify.app/</a>
OneNet	One Network for Europe  <a href="https://www.onenet-project.eu/">https://www.onenet-project.eu/</a>
FlexGrid	A novel smart grid architecture that facilitates high-RES penetration through innovative markets towards efficient interaction between advanced electricity grid management and intelligent stakeholders  <a href="https://flexgrid-project.eu/">https://flexgrid-project.eu/</a>
Platone	PLATform for Operation of distribution Networks  <a href="https://www.platone-h2020.eu/">https://www.platone-h2020.eu/</a>
OSMOSE	Optimal System-Mix Of flexibility Solutions for European electricity  <a href="https://www.osmose-h2020.eu/">https://www.osmose-h2020.eu/</a>
Redispatch 3.0	<a href="https://www.redispatch3.eu/">https://www.redispatch3.eu/</a>
Industry4Redispatch	<a href="https://www.nefi.at/de/projekt/industry4redispatch">https://www.nefi.at/de/projekt/industry4redispatch</a>
InterConnect	Interoperable Solutions Connecting Smart Homes, Buildings and Grids  <a href="https://interconnectproject.eu/">https://interconnectproject.eu/</a>
TDFlex	T&DFlex – TSO-DSO Flexibility: towards integrated grid control and coordination in Switzerland  <a href="https://www.fen.ethz.ch/activities/system-operation/tdflex.html">https://www.fen.ethz.ch/activities/system-operation/tdflex.html</a>

