



© shutterstock.com/seewharmitsee

dena-ZWISCHENBERICHT

Der Systementwicklungsplan

Umsetzungsvorschlag für eine integrierte Infrastrukturplanung in Deutschland

Impressum

Herausgeber

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin
Tel: +49 (0)30 66 777-0
Fax: +49 (0)30 66 777-699
E-Mail: info@dena.de
Internet: www.dena.de

Autoren

Hannes Seidl, dena
Stefan Mischinger, dena
Alexander R. D. Müller, dena
Yannick Severin, dena
Dr. Jakob Schieder-Hestermann, dena
Dr. Michael Ritzau, B E T Büro für Energiewirtschaft und technische Planung
Dominic Nailis, B E T Büro für Energiewirtschaft und technische Planung

Bildnachweis:

Titelbild: [shutterstock.com/seewhatmitchsee](https://www.shutterstock.com/seewhatmitchsee)

Gestaltung der Grafiken:

Heimrich & Hannot GmbH

Stand: 12/2020

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

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

B E T
Energie. Weiter denken

Bitte zitieren als:

Deutsche Energie-Agentur (dena, 2020)
„dena-ZWISCHENBERICHT: Der Systementwicklungsplan –
Umsetzungsvorschlag für eine integrierte Infrastrukturplanung in Deutschland“

Inhalt

Impressum	2
1 Executive Summary	4
2 Weiterentwicklung der Energieinfrastrukturplanung	6
2.1 Stand der Planungsprozesse für Energieinfrastruktur in Deutschland	6
2.2 Weiterentwicklungsbedarf der Energieinfrastrukturplanung.....	9
3 Systemplanung als Grundlage der integrierten Infrastrukturplanung	15
3.1 Anforderungen an einen Systementwicklungsplan	15
3.2 Verortung des Systementwicklungsplans vor den heutigen Infrastrukturplanungsprozessen.....	17
3.3 Der SEP-Prozess	20
4 Weiteres Vorgehen: dena-Netzstudie III.....	23
Abbildungsverzeichnis.....	25

1 Executive Summary

Eine erfolgreiche Energiewende muss integriert und sektorübergreifend gedacht werden. Denn Treibhausgasneutralität kann nur erreicht werden, wenn die Sektoren weiter zusammenwachsen.

Die aktuelle Energieinfrastrukturplanung ist jedoch noch nicht auf diese integrierte Energiewende ausgelegt, sondern findet für die verschiedenen Netzebenen und Sektoren in separaten Planungsprozessen mit teils abweichenden Ausgangspunkten statt. Die Infrastrukturplanung muss sich deshalb weiterentwickeln und integriert gedacht werden. In der dena-Netzstudie III hat sich die dena zusammen mit der B E T und im Austausch mit Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft zum Ziel gesetzt, einen Vorschlag für die Abstimmung zwischen den verschiedenen Prozessen zu entwickeln und dabei Lösungen für Probleme der aktuellen Planungsprozesse anzubieten. Ein zentraler Lösungsansatz der noch bis Ende 2021 laufenden Studie ist die Entwicklung eines **Systementwicklungsplans (SEP)**, der eine gemeinsame Grundlage für die einzelnen Planungsprozesse schafft.

Der Entwicklungsbedarf unserer Planungsprozesse für die Energieinfrastrukturen Strom, Gas, Wasserstoff und Wärme ergibt sich aus vier Problemfeldern der aktuellen Prozesse:

- **Systemische Optimierungspotenziale** können nicht ausreichend genutzt werden, da die Planungen in unabhängigen Prozessen vorangetrieben werden und entsprechend keine Optimierung über alle Infrastrukturen hinweg stattfindet. Das betrifft sowohl die Transportnetzebene für Strom und Gas, die aufeinander abgestimmt dimensioniert werden sollte, als auch die Verteilnetzebene, wo zum Beispiel die Planung einer angemessenen Infrastruktur für die Wärmewende abgestimmt werden muss.
- **Konsistente Ausgangspunkte für alle Planungsprozesse** gibt es zurzeit nicht. Trotz der Abstimmung zwischen den Prozessverantwortlichen stehen verschiedene Methoden, unterschiedliche Zeitpunkte der Erstellung und Planungshorizonte sowie teils inkonsistente Zielvorgaben einer gemeinsamen Planungsgrundlage im Weg.
- Die aktuellen Prozesse, insbesondere der Netzentwicklungsplan Strom (NEP Strom), zeigen, dass es einen **großen gesellschaftlichen und politischen Beratungsbedarf** zum Energiesystem der Zukunft gibt, der in diesem Rahmen nicht abgebildet werden kann. Denn die NEPs zielen auf die Identifikation konkreter Netzentwicklungsmaßnahmen und können innerhalb ihres gesetzlichen Rahmens nicht die Entwicklungsoptionen des Energiesystems insgesamt in den Blick nehmen.
- Die **Akzeptanz** für Infrastrukturmaßnahmen ist, trotz einer insgesamt hohen Zustimmung zur Energiewende, gering. Aktuelle Vorbehalte, insbesondere zum Stromnetzausbau, stehen dem Aufbau einer bedarfsgerechten Infrastruktur im Weg.

Diese Problemfelder können nicht hinreichend in der Netzplanung im Rahmen der Netzentwicklungspläne adressiert werden, da für ihre Lösungen Entscheidungen in vorgelagerten politischen Prozessen getroffen werden müssen und eine systemische Optimierung die NEP-Prozesse überladen würde.

Ein den konkreten Planungsprozessen vorgelagerter SEP kann diesen Herausforderungen begegnen:



Abbildung 1: Der SEP als Mittler zwischen klimapolitischen Zielen und sektorspezifischen Leitplanken für die Infrastrukturplanungsprozesse

Der SEP greift grundsätzliche Fragestellungen zum Energiesystem auf, schafft einen **Ort für Diskussionen**, macht **Optimierungspotenziale** der integrierten Energiewelt nutzbar, unterstützt **politische Entscheidungen** und liefert im Ergebnis eine **konsistente Grundlage** für die weiteren Planungsprozesse. Damit diese Versprechen eingelöst werden können, muss der SEP in einen **periodischen, transparenten, partizipativen** und schließlich **politisch legitimierten Prozess** eingebunden werden. Nur so wird sichergestellt, dass die Ergebnisse die nötige Verbindlichkeit als Grundlage der weiteren Infrastrukturplanung haben und dass alle Stakeholder den Prozess als legitime Grundlage dafür akzeptieren können.

Der SEP-Prozess gliedert sich in drei Phasen: **Grundlagen schaffen, Handlungsoptionen bewerten und Entscheidungen herbeiführen**. In der ersten Phase werden die übergreifenden **gesellschaftlichen Ziele**, die auf jeden Fall erreicht werden sollen, ebenso wie die entscheidenden **Weichenstellungen** identifiziert und der aktuelle Wissensstand erfasst. Dies geschieht unter Einbeziehung der Positionen aus Gesellschaft, Politik und Energiewirtschaft. Auf dieser Grundlage werden **Szenarien gestaltet**, die den Möglichkeitsraum umfänglich und konsistent abdecken und so eine Abschätzung der Wirkung der verschiedenen Weichenstellungen erlauben. In der zweiten Phase werden diese Szenarien modellgestützt sektorübergreifend **optimiert und bewertet**. Auf Grundlage dieser Bewertung entstehen verschiedene **Zukunftsbilder**, die die Basis für eine gesellschaftliche Diskussion bilden. Ausgehend von den Ergebnissen dieser Diskussion wird ein **Zielbild** definiert, das die angestrebte Entwicklung unseres zukünftigen Energiesystems zeigt. Aus dem Zielbild wird in der Entscheidungsphase eine passende **Strategie** entwickelt. Diese Strategie zeigt auf, welche Weichenstellungen wann getroffen werden sollten, um das angestrebte zukünftige Energiesystem zu gestalten, aber auch welche Unsicherheiten bestehen und welche Entscheidungen noch nicht getroffen werden können. Damit liefert die Strategie die Grundlage für **politische Entscheidungen** über die angestrebten sektorspezifischen Transformationspfade des Energiesystems, die von den verschiedenen Infrastrukturplanungsprozessen schließlich als konsistente und aufeinander abgestimmte **Leitplanken** genutzt werden können.

Im Rahmen der dena-Netzstudie III werden zurzeit die Methodik des SEP durch eine Pilotierung ebenso wie weitere Vorschläge zur verbesserten Abstimmung der Planungsprozesse detailliert ausgearbeitet. Bis Ende 2021 wird damit die Grundlage für eine Ergänzung und Weiterentwicklung der bestehenden Prozesse geschaffen. Eine politische Entscheidung zur Einführung eines SEP und die Durchführung des Prozesses sollte so bald wie möglich erfolgen, damit die Ergebnisse Eingang in die langfristige Infrastrukturplanung finden können.

2 Weiterentwicklung der Energieinfrastrukturplanung

Die integrierte Energiewende braucht auch eine integrierte Infrastrukturplanung. Die aktuellen Planungsprozesse sind jedoch noch nicht darauf ausgelegt. Für die verschiedenen Netzebenen und Sektoren findet die Planung in separaten Planungsprozessen mit teils abweichenden Ausgangspunkten statt. In der dena-Netzstudie III, die bis Ende 2021 fertiggestellt werden soll, arbeitet die dena gemeinsam mit der B E T und im Austausch mit Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft an Vorschlägen, die Lösungen für Probleme der aktuellen Planungsprozesse anbieten. Ein zentrales Element dieser Lösungen, so die Sicht der dena und der B E T, ist ein Systementwicklungsplan (SEP), der eingebunden in einen partizipativen und legitimierten Prozess den aktuellen Planungsprozessen vorangeht.

Im Folgenden werden zunächst die Herausforderungen und Weiterentwicklungspotenziale der aktuellen Planungsprozesse beschrieben, bevor im nächsten Kapitel gezeigt wird, wie ein SEP diese Probleme lösen kann.

2.1 Stand der Planungsprozesse für Energieinfrastruktur in Deutschland

Die Planung von Strom- und Gasnetzen unterscheidet sich in Verfahren und Komplexität entsprechend den Sektoren und den Transport- oder Verteilnetzebenen. Auf der Stromübertragungs- und Gasfernleitungsebene sind mit den jeweiligen Netzentwicklungsplänen gesetzlich verankerte Prozesse etabliert, die in regelmäßigen Abständen durchlaufen werden. Damit wird sichergestellt, dass die Transportnetze ausreichend dimensioniert sind und die Versorgung gewährleisten können. Auf europäischer Ebene werden Projekte, die für das europäische Energiesystem wichtig sind, in den Ten Year Network Development Plan (TYNDP) aufgenommen. Für die verschiedenen Verteilnetzebenen existieren unterschiedliche Planungsvorgaben, die nicht in einen gemeinsamen nationalen Prozess eingehen.

Netzentwicklungsplan Strom

Die Erstellung des Netzentwicklungsplans Strom (NEP Strom)¹ ist gesetzlich umfassend geregelt (§§ 12a–e EnWG). Alle zwei Jahre erstellen die Übertragungsnetzbetreiber einen Szenariorahmen, der wahrscheinliche energiewirtschaftliche Entwicklungen unter Berücksichtigung der energie- und klimapolitischen Ziele der nächsten 10 bis 15 Jahre abbildet. Nach der Genehmigung des Szenariorahmens durch die Bundesnetzagentur (BNetzA) erstellen die Übertragungsnetzbetreiber auf dieser Grundlage den NEP Strom, der ausgehend von den Szenarien eine Modellierung der Übertragungsbedarfe vornimmt, Engpässe identifiziert und Maßnahmen zur Behebung der Engpässe vorschlägt. Nach einer Konsultation und Überarbeitung des NEP Strom wird ein Teil der vorgeschlagenen Maßnahmen von der BNetzA bestätigt. Die BNetzA bestätigt dabei nur diejenigen Maßnahmen, die sich in allen Szenarien als notwendig erwiesen haben. Damit wird ein sogenannter No-Regret-Ansatz verfolgt, der Fehlinvestitionen vermeiden soll. Es werden also nur diejenigen Maßnahmen bestätigt, die mit großer Sicherheit auch benötigt werden.

¹ www.netzentwicklungsplan.de.

Netzentwicklungsplan Gas

Der Netzentwicklungsplan Gas (NEP Gas)² ist gesetzlich in § 15a EnWG geregelt und wird durch die Fernleitungsnetzbetreiber erstellt. Analog zum NEP Strom fußt dieser auf einem Szenariorahmen, der Entwicklungen hinsichtlich des Gasbedarfs, des Gasaufkommens und des Austauschs mit den Nachbarländern abbildet. Im Unterschied zum Szenariorahmen des NEP Strom stützt er sich dabei nicht auf sektorspezifische Klimaziele, sondern auf die Kapazitätsbedarfe der Marktakteure und blickt nur zehn Jahre in die Zukunft. Darauf aufbauend werden im NEP Gas die Transportbedarfe in besonders belastenden Netzsituationen ermittelt und Maßnahmen zur Behebung eventueller Engpässe identifiziert. Der NEP Gas und der NEP Strom mit ihren Szenariorahmen werden jeweils um ein Jahr versetzt erstellt.

Ten Year Network Development Plan (TYNDP)

Neben den nationalen Planungsprozessen findet auf europäischer Ebene im European Network of Transmission System Operators (ENTSO) eine internationale Netzplanung im Rahmen des Ten Year Network Development Plans (TYNDP)³ statt. Dieser ist ein gemeinschaftsweiter Netzentwicklungsplan, der im zweijährigen Rhythmus und teilweise auf Grundlage der nationalen Netzentwicklungspläne erstellt wird.

Auch der TYNDP beginnt mit der Erstellung von Szenarien, in denen die europäische Strom- und Gasinfrastrukturentwicklung der nächsten 10 bis 20 Jahre analysiert wird. Der TYNDP 2018 basierte erstmalig auf einem gemeinsamen Szenariorahmen, der eine abgestimmte Basis für die europäische Strom- und Gasnetzplanung bildet. Durch den gemeinsamen Szenariorahmen für Strom und Gas wird für beide Infrastrukturen eine einheitliche Planungsgrundlage auf europäischer Ebene geschaffen, die bei zentralen Parametern wie zum Beispiel der Energienachfrage und dem Energieangebot, den Preisen der verschiedenen Energieträger bzw. den Erzeugungs- und CO₂-Preisen sowie mit Blick auf bereits geplante Infrastruktur aufeinander abgestimmt ist.

Netzausbauplanung Verteilnetz Strom

Für Stromnetzbetreiber in der Hochspannungsebene gibt es gemäß § 14 Abs. 1b EnWG die Vorgabe zur jährlichen Durchführung einer Netzausbauplanung. Der Betrachtungshorizont ist auf zehn Jahre festgelegt. Hier werden die für die nächsten fünf Jahre konkret geplanten Maßnahmen vorgelegt und für die darauffolgenden fünf Jahre vorgesehene Maßnahmen veröffentlicht. Diese Planungen bauen unter anderem auf geplanten Erzeugungsanlagen, die in der Verteilnetzebene angeschlossen werden, sowie auf den Bundesländerzielen zum Ausbau der erneuerbaren Energien auf.

Zusammenspiel der Prozesse

Diese Infrastrukturplanungsprozesse nehmen die jeweils für die Dimensionierung der Infrastruktur relevanten Entwicklungen des Energiesystems in den Blick und fokussieren sich auf den für die jeweilige Infrastruktur bestimmenden Planungshorizont.

Die Ergebnisse aus anderen Prozessen werden dort, wo sie für die jeweilige Planung relevant sind, berücksichtigt. So nehmen die Netzentwicklungspläne Gas und Strom zum Beispiel aufeinander Bezug, wenn es um Annahmen zu Gaskraftwerken oder Elektrolyseuren geht, und die Netzausbaupläne auf Hochspannungsebene berücksichtigen die Ergebnisse und geplanten Maßnahmen des jeweiligen NEP.

² <https://www.fnb-gas.de/>.

³ <https://tyndp.entsoe.eu/>; <https://www.entsoe.eu/tyndp>.

Außerdem ist der TYNDP eine wichtige Quelle zur Modellierung des europäischen Auslands in den Netzentwicklungsplänen.

Mit der fortschreitenden Integration des Energiesystems wird die getrennte, aber einander berücksichtigende Betrachtung der verschiedenen Infrastrukturen jedoch zunehmend problematisch, da Unterschiede bei den Erstellungsjahren, Planungshorizonten und Methoden (zum Beispiel top-down vs. bottom-up) zu teils inkonsistenten Ausgangspunkten und Ergebnissen führen können.

Die folgende Grafik zeigt die mitunter abweichenden Erstellungsjahre und Planungshorizonte der verschiedenen Prozesse:

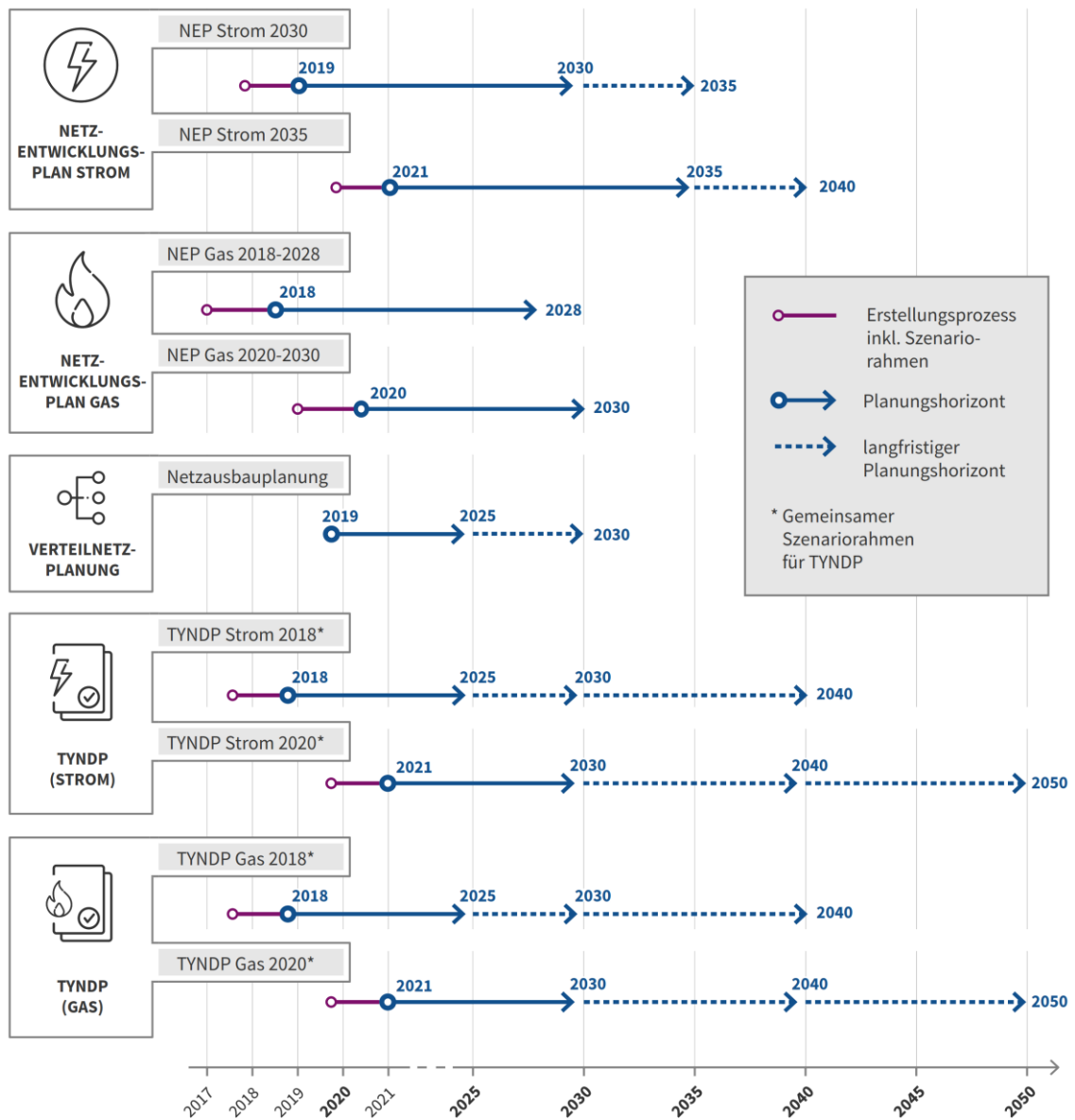


Abbildung 2: Zeitliche Abfolge und Planungshorizonte der aktuellen Infrastrukturplanungsprozesse für Strom und Gas

Der TYNDP zeigt mit seinem gemeinsamen Szenariorahmen einen Weg auf, wie die Planungsgrundlage der Strom- und Gasnetzplanung auf europäischer Ebene auf eine gemeinsame Basis gestellt werden kann. Ein gemeinsamer Szenariorahmen, wie er im TYNDP Anwendung findet, lässt sich jedoch nicht ohne Weiteres auf die wesentlich detaillierteren und etablierten nationalen Planungsprozesse übertragen. Im Folgenden wird für die nationalen Prozesse ein alternativer Vorschlag zur integrierten Infrastrukturplanung vorgestellt, der nicht nur eine konsistente Planungsgrundlage für alle Infrastrukturen liefert, sondern es auch erlaubt, systemische Optimierungspotenziale zu nutzen, einen Raum für gesellschaftliche Debatten schafft und Innovationen voranbringt: der SEP.

2.2 Weiterentwicklungsbedarf der Energieinfrastrukturplanung

Mit dem Fortschreiten der Energiewende wird eine integrierte Infrastrukturplanung wichtiger, weil die gemeinsame Betrachtung der Infrastrukturen systemische Potenziale nutzbar macht, die Konsistenz erhöht und den Ausgangspunkt für eine gesellschaftliche Diskussion und grundlegende politische Weichenstellungen liefern kann. Den Bedarf für die Weiterentwicklung der Planung haben Erfahrungen aus den aktuellen Planungsprozessen deutlich gemacht:

Systemische Optimierungspotenziale nutzen

Systemische Optimierungspotenziale können zurzeit nur eingeschränkt bei der Infrastrukturplanung berücksichtigt werden, da die langfristige Entwicklung unseres Energiesystems als Ganzes innerhalb der aktuellen Planungsprozesse und -horizonte nur teilweise abzubilden ist. Potenziale, die zurzeit noch nicht voll genutzt werden, liegen in der besseren Abstimmung zwischen der Strom- und Gasnetzplanung auf Transportnetzebene, der zielgerichteten Berücksichtigung von Flexibilitäten und in der vorausschauenden Planung von Wärme- und Verteilnetzen.

Die Abstimmung zwischen der Gas- und Stromnetzplanung findet aktuell hauptsächlich über die gegenseitige Berücksichtigung in den jeweiligen Szenariorahmen der Netzentwicklungspläne statt. In Zukunft und insbesondere mit dem Aufbau einer Infrastruktur für grünen Wasserstoff wird es wichtiger werden, abzuwägen, ob für eine Transportaufgabe Strom oder Gas die effizienteste Lösung ist. So kann zum Beispiel Wasserstoff für die Stahlherstellung entweder von Power-to-Gas-Anlagen direkt an Industriestandorten erzeugt und der nötige Strom über Leitungen dorthin transportiert werden oder der Wasserstoff kann in der Nähe der erneuerbaren Erzeugungsanlagen, zum Beispiel bei Offshore-Windparks, erzeugt und über eine Wasserstoffinfrastruktur transportiert werden. Welche Lösung sinnvoller ist, lässt sich im Rahmen der aktuellen Planungsprozesse nicht entscheiden, sondern kann nur anhand einer abgestimmten Gesamtstrategie für das Energiesystem beantwortet werden.

Bis 2050 bietet die zunehmende Elektrifizierung aller Sektoren Chancen, insbesondere für die Stromnetzplanung, Optimierungspotenziale in Form von Flexibilitäten zu nutzen. Die dena-Leitstudie Integrierte Energiewende zum Beispiel sieht im Elektrifizierungsszenario EL95 bis zu 17 Mio. Wärmepumpen, 35 Mio. Elektroautos und 137 TWh Strombedarf für Power-to-X vor.⁴ Durch einen netzorientierten Einsatz dieser Verbraucher lassen sich Flexibilitätspotenziale heben und Netzausbaubedarfe optimieren. Ob diese Verbraucher aber tatsächlich zu einer Entlastung beitragen oder das Netz im Gegenteil noch mehr belasten und damit zu einem höheren Infrastrukturbedarf führen, hängt maßgeblich von ihrer regionalen Verteilung

⁴ Deutsche Energie-Agentur (dena, 2018), „dena-Leitstudie Integrierte Energiewende“: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9261_dena-Leitstudie_Integrierte_Energiewende_lang.pdf (siehe Teil B, S. 146/147).

und ihrem jeweiligen Einsatzprofil ab. Der Szenariorahmen zum NEP Strom 2035 (2021)⁵ berücksichtigt deshalb in seinen Szenarien die Flexibilitätspotenziale sowie die regionale Verteilung dieser Verbraucher und variiert in den Szenarien ihre Netzorientierung. Allerdings kann im Rahmen dieser Infrastrukturplanung nicht festgestellt werden, welche Allokation und welches Verhalten der Stromanwendungen volkswirtschaftlich am sinnvollsten und gesellschaftlich gewünscht sind. Um mögliche Potenziale zu evaluieren und zu heben, muss das gesamte System betrachtet werden.

Auch auf der Ebene der Verteilnetze für Strom, Gas und Wärme können systemische Potenziale gehoben werden. So wird die jeweils optimale Ausgestaltung der Verteilnetze unter anderem davon abhängen, welcher Energieträger in einer bestimmten Region im zukünftigen Energiesystem besonders effizient genutzt werden kann. So könnte es zum Beispiel in Regionen mit hoher Erzeugung erneuerbarer Energien sinnvoll sein, Wärmepumpen zu nutzen und die Stromverteilnetze dafür entsprechend auszulegen, während es in anderen Regionen sinnvoll sein kann, Gasnetze mit grünen Gasen zu betreiben oder die Potenziale von Wärmenetzen zu nutzen. Damit die jeweilige Infrastruktur effizient geplant werden kann, braucht es Leitplanken, die nur eine langfristige Gesamtbetrachtung unseres Energiesystems liefern kann.

Konsistente Szenarien für alle Infrastrukturen

Die Planungsprozesse der verschiedenen Infrastrukturen sind, wie sich im vorherigen Abschnitt gezeigt hat, zeitlich, und Ihre Grundlagen teils auch inhaltlich, nicht konsistent.

So arbeiten die verschiedenen Planungsprozesse für Energieinfrastruktur aufgrund unterschiedlicher gesetzlicher Vorgaben und unterschiedlichen Anforderungen an die Planung mit unterschiedlichen Zeithorizonten und Methoden. Das erschwert – trotz gegenseitiger Berücksichtigung und Bemühungen um eine Vereinheitlichung durch die Netzbetreiber und die Bundesnetzagentur – die Abstimmung der verschiedenen Planungsprozesse. So unterscheiden sich zum Beispiel die Annahmen zur Power-to-Gas-Kapazität im Entwurf des Szenariorahmens zum NEP Gas 2020–2030⁶ mit 7,5 GW für das Jahr 2030 und dem Entwurf des Szenariorahmens zum NEP Strom 2035 (2021)⁷ mit lediglich 3–8 GW in 2035.

Energie- und klimapolitische Vorgaben bilden den Rahmen für die Szenarientwicklung des NEP Strom, die den Planungsprozessen zugrunde liegt. Die zu berücksichtigenden Vorgaben und Ziele, die auf verschiedenen Ebenen beschlossen werden, sind jedoch aufgrund der politischen Prozesse – zumindest vorübergehend – inkonsistent. So stimmt die Ausbauplanung für erneuerbare Energien der Bundesländer aufgrund unterschiedlicher Herangehensweisen nicht immer mit den Zielen des Bundes überein. Ähnliche Abweichungen bestehen zumindest temporär zwischen internationalen Verträgen wie zum Beispiel dem Übereinkommen von Paris und der jeweils gültigen nationalen Rechtslage und Zielsetzung. Dadurch steht die Infrastrukturplanung vor der Herausforderung, inkonsistente Zielbilder vereinigen und dadurch politische Entscheidungen antizipieren zu müssen, ohne dass dies zu ihrem Planungsspektrum gehört.

Mit der zunehmenden Integration der verschiedenen Sektoren wird eine Planungsgrundlage immer wichtiger, die für alle Infrastrukturplanungsprozesse eine gemeinsame, verbindliche und konsistente Basis liefert.

⁵ Szenariorahmen zum Netzentwicklungsplan Strom 2035 (2021), Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber:

https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/paragraphs-files/Szenariorahmenentwurf_NEP2035_2021.pdf.

⁶ Szenariorahmen NEP Gas 2020–2030: https://www.fnb-gas.de/media/2019_08_16_nep-gas-2020-2030_szenariorahmen_final.pdf.

⁷ Szenariorahmen zum Netzentwicklungsplan Strom 2035 (2021), Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber:

https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/paragraphs-files/Szenariorahmenentwurf_NEP2035_2021.pdf.

Gesellschaftlicher und politischer Beratungsbedarf

Die Konsultationsverfahren, insbesondere zum NEP Strom, wie auch die nachgelagerten Planungs- und Raumordnungsverfahren, zeigen immer wieder, dass es einen großen gesellschaftlichen und politischen Beratungsbedarf für mögliche alternative Entwicklungen des Energiesystems gibt. So wird im Rahmen der Konsultationsverfahren häufig kritisiert, dass die Szenarien zu wenig auch Möglichkeiten betrachten, die alternative Entwicklungsoptionen aufzeigen und gegebenenfalls geringere Infrastrukturbedarfe aufweisen könnten. Hinzu kommt, dass die Szenarien nur 10 bis 15 Jahre in die Zukunft blicken und damit keinen Ausblick auf ein mögliches Zielsystem und ein Ende des Netzausbaus zulassen.

Die Untersuchung verschiedener, langfristiger Zukunftsbilder ist für die gesellschaftliche und politische Debatte über unser zukünftiges Energiesystem wichtig, kann aber im Szenariorahmen und in den Netzentwicklungsplänen nur sehr eingeschränkt geleistet werden. Denn die Szenarien des NEP müssen die wahrscheinlichen Entwicklungen auf Basis der aktuellen Ziele betrachten, um auf dieser Grundlage Infrastrukturmaßnahmen zu identifizieren, die für eine bedarfsgerechte Infrastruktur benötigt werden. Der NEP verfolgt bei der Planung einen No-Regret-Ansatz. Es werden also nur solche Maßnahmen bestätigt, die in allen wahrscheinlichen Szenarien und nachhaltig benötigt werden. So sollen Fehlinvestitionen in Infrastruktur vermieden werden, die eventuell gar nicht oder nur für eine kurze Zeit benötigt würden. Dieser Ansatz ist im Rahmen des NEP geboten, da das Investitionsvolumen sehr hoch ist. Im NEP 2030 (2019) wurden beispielsweise die Kosten für die im Szenario B 2030 identifizierten Maßnahmen auf 61 Milliarden Euro geschätzt.

Szenarien, die als Grundlage der Planungen im Rahmen des NEP geeignet sind, können also nicht die Bandbreite aller möglichen Entwicklungen prüfen. Die Erwartungen an den NEP, möglichst umfassend Entwicklungspfade zu prüfen, und seine gesetzliche Aufgabe, die Identifikation notwendiger Infrastrukturmaßnahmen, fallen entsprechend auseinander.

Die folgende Grafik stellt dar, wie Szenarien gestaltet werden sollten, um verschiedene Erkenntnisinteressen zu bedienen. Zur Abbildung von verbliebenen Unsicherheiten im Rahmen der No-Regret-Planung des NEP eignen sich Szenarien, die unterschiedliche Ausprägungen einer wahrscheinlichen Entwicklung zeigen. Diese Szenarien sind sich relativ ähnlich und prüfen durch die Variation innerhalb eines überschaubaren Rahmens, ob die Maßnahmen unter den zu erwartenden Umständen benötigt werden. Zur Untersuchung von Handlungsoptionen und Gestaltungsmöglichkeiten sollten die Szenarien hingegen so gewählt sein, dass sie eine extremere Entwicklung zeigen und große Unterschiede aufweisen. So lassen sich im Vergleich der Szenarien Handlungsoptionen entwickeln, die Auswirkungen verschiedener Weichenstellungen untersuchen und alternative Entwicklungsmöglichkeiten diskutieren.

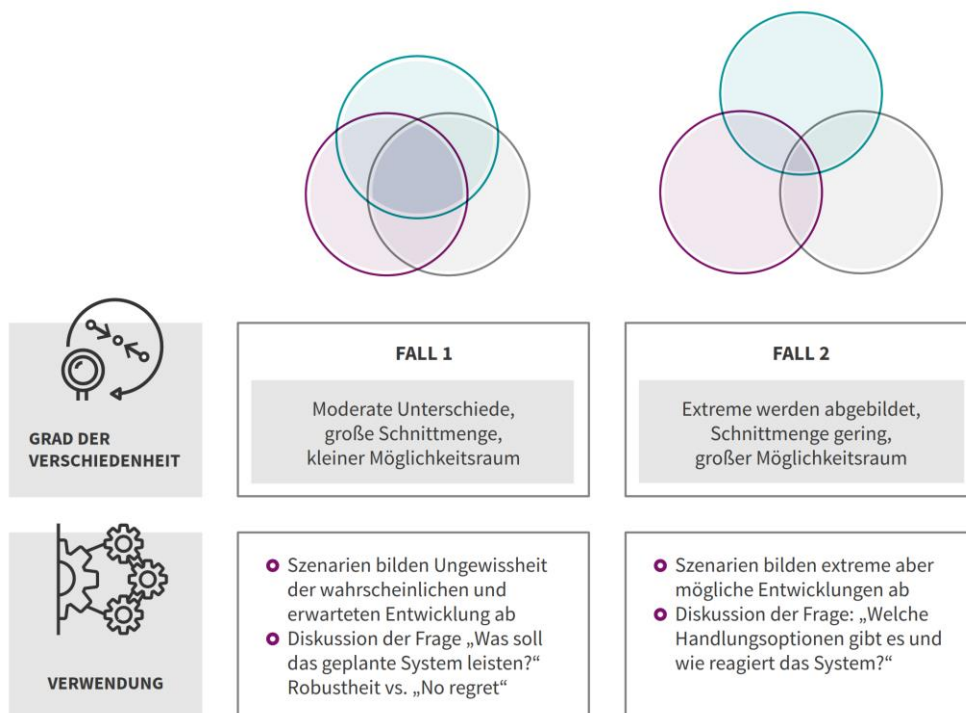


Abbildung 3: Methoden der Szenariengestaltung und ihre Verwendungsweisen

Die wichtigen gesellschaftlichen Debatten zu verschiedenen alternativen Entwicklungen und die Debatte über ein mögliches Zielsystem benötigen in Zukunft eine fundierte Grundlage und einen Ort, an dem sie geführt werden können. Zwar gibt es eine Vielzahl von Studien, die verschiedene Entwicklungen des Energiesystems abbilden, diese haben jedoch nicht denselben Stellenwert, dieselbe Bekanntheit und dieselbe Verbindlichkeit wie der NEP, der als gesetzlich vorgeschriebener Prozess öffentlich konsultiert und alle zwei Jahre wiederholt wird.

Ein vorgelagerter Prozess, über den alternative Entwicklungen des Energiesystems in den Blick genommen und verbindliche Ausgangspunkte für die weitere No-Regret-Planung der Netzentwicklungspläne gesetzt werden, kann den vorhandenen gesellschaftlichen und politischen Beratungsbedarf einlösen.

Beteiligungsmöglichkeiten und Akzeptanz verbessern

Die Planungsprozesse sehen an vielen Stellen öffentliche Beteiligungsmöglichkeiten vor. In den aktuellen NEP-Prozessen gibt es zum Beispiel sowohl für den Szenariorahmen als auch für den NEP öffentliche Konsultationsverfahren, in denen sich Menschen und Institutionen einbringen können. Auch in den nachgelagerten Raumordnungs- und Planfeststellungsverfahren gibt es mehrfach die Möglichkeit zur Einflussnahme. Zusätzlich bieten die Netzbetreiber und der Bürgerdialog Stromnetz informelle Informationen und Gespräche direkt vor Ort an. Trotz dieser umfangreichen und aufwendigen Beteiligungsprozesse fehlt in betroffenen Regionen oft die Akzeptanz für den Bau insbesondere von Stromleitungen.

Eine Ursache dafür ist das sogenannte Beteiligungsparadoxon. Es besagt, dass das Interesse an Maßnahmen mit fortschreitendem Planungs- und Umsetzungsstand steigt, während gleichzeitig die Einflussmöglichkeiten abnehmen. Das kann zu Frustration der Beteiligten führen, da zum Zeitpunkt der tatsächlichen Beteiligung grundsätzliche Entscheidungen bereits getroffen sind.

So können beispielsweise bei der Konsultation zum ersten Entwurf des NEP Strom nur Beiträge inhaltlich berücksichtigt werden, die sich auf die Bestimmung der Maßnahmen oder die Methodik des NEP beziehen, nicht aber grundsätzliche Erwägungen zur Ausgestaltung des Energiesystems, da diese bereits im Rahmen der Ziele, die für den Szenariorahmen berücksichtigt werden, festgelegt wurden. In den nachgelagerten Raumordnungs- und Planfeststellungsverfahren ist die energiewirtschaftliche Notwendigkeit der Maßnahmen dann bereits festgestellt, sodass nur noch Einfluss auf das Wo und Wie genommen werden kann, nicht aber auf das Ob. Dadurch kann bei Betroffenen der Eindruck entstehen, mit ihren Anliegen immer einen Schritt zu spät zu kommen.

Eine weitere Herausforderung für die Akzeptanz von Maßnahmen ist die wiederholte Durchführung des NEP alle zwei Jahre mit jeweils späteren Zieljahren. Das führt dazu, dass alle zwei Jahre zusätzliche Maßnahmen identifiziert werden. Durch diese aus planerischer Sicht sinnvolle gesetzliche Vorgabe entsteht jedoch bei den Betroffenen der Eindruck einer „Salami-Taktik“, bei der nach und nach versucht wird, immer mehr Maßnahmen durchzusetzen.

Während lokale Interessen nur im Rahmen eines konkreten Austausches vor Ort bei einem fortgeschrittenen Planungsstand berücksichtigt werden können, können die Akzeptanz und das Vertrauen in die Akteure gestärkt werden, indem grundsätzliche Erwägungen zur Ausgestaltung unseres Energiesystems vor den konkreten Planungsprozessen diskutiert und legitimiert werden. So wird für grundsätzliche Fragen ein Ort geschaffen, an dem sie diskutiert werden können und Einfluss genommen werden kann. Gleichzeitig kann eine solche vorgelagerte Diskussion, ohne der konkreten Planung vorzugreifen, einen Ausblick auf zukünftige Transportbedarfe erlauben und für die Planungsprozesse eine zusätzlich legitimierte Grundlage schaffen.

Innovationen vorantreiben und in die Langfristplanung integrieren

Innovative Netztechnologien und Betriebskonzepte erlauben einen effizienteren Betrieb der Stromnetze und können helfen, den Netzausbaubedarf zu reduzieren. Deshalb sind die Übertragungsnetzbetreiber zum Beispiel verpflichtet, Innovationen im NEP zu berücksichtigen. So wurde im NEP Strom 2030 (2019) eine Vielzahl von Möglichkeiten zur optimierten Auslastung der Bestandsnetze, wie der witterungsabhängige Freileitungsbetrieb, Hochtemperaturleiterseile, lastflusststeuernde Maßnahmen, der Einsatz von Netzboostern sowie innovative Betriebskonzepte, berücksichtigt.

Für eine nachhaltige Planung des Gesamtsystems ist jedoch auch der Blick weiter in die Zukunft und auf alle Infrastrukturen und Netzebenen nötig, da mit weiteren Innovationen zu rechnen ist, die ein effizienteres Gesamtsystem ermöglichen.

Die Schwierigkeit, Innovationen angemessen und übergreifend in allen Planungsprozessen zu berücksichtigen, besteht jedoch darin, dass die langfristige Entwicklung von Innovationen auf technologischer, prozessualer, und marktlicher Ebene nur schwer vorherzusehen ist. Diese Unsicherheiten sind sowohl für die Infrastrukturplanungsprozesse eine Herausforderung als auch für die Entwicklung neuer Innovationen selbst. Es besteht also ein Bedarf, Innovationen zu identifizieren, sichtbar zu machen und gezielter voranzutreiben.

Um diesen Bedarf einzulösen, gibt es bereits Vorschläge und Beispiele für erfolgreiche Innovationsentwicklung: So schlug der Übertragungsnetzbetreiber TenneT bereits 2018 in einer Studie zur Weiterentwicklung des NEP vor, dem Szenariorahmen eine Innovationsbewertung zur Seite zu stellen, die Innovationen und ihr Potenzial identifiziert, anhand von Kriterien bewertet und Vorschläge zur Berücksichtigung im Rahmen der weiteren Planung macht.⁸ Auch T&D Europe hat einen Vorschlag zu einem regelmäßig wiederkehrenden Prozess skizziert, mit dem Innovationen zielgerecht diskutiert werden sollen.⁹ Ein Beispiel für die erfolgreiche Innovationsentwicklung ist das Forschungsprojekt InnoSys2030. Hier wurde das Potenzial der kurativen Netzbetriebsführung identifiziert und diese wird nun im Rahmen des Forschungsprojekts gezielt vorangetrieben.¹⁰

Ein Innovationsprozess, der Innovationen identifiziert, sichtbar macht und es erlaubt, sie gezielt voranzutreiben, kann auf diesen Vorschlägen aufbauen, sollte jedoch nicht nur die Transportnetzebene betrachten, sondern in einem integrierten Energiesystem alle Infrastrukturen und Netzebenen in den Blick nehmen. Dabei sollten nicht nur technologische, sondern auch Prozess- und Marktinnovationen berücksichtigt werden.

Ein solches Innovationsmonitoring kann eine vorgelagerte Systementwicklungsplanung ergänzen, indem nötige Funktionalitäten für Innovationen beschrieben, Entwicklungen im Blick behalten, Innovationen identifiziert und dadurch sowohl die Innovationsentwicklung als auch die Berücksichtigung bei der Infrastrukturplanung verbessert werden.

⁸ „Innovationen im Netzentwicklungsplan 2.0“ (2016), e-bridge Studie im Auftrag der TenneT: <https://www.tennet.eu/de/news/news/tennet-netzplanung-20-fuer-passendes-und-effizientes-energiewendenetz/>.

⁹ „Future-proofing electricity grids in the EU Green Deal age: Assessing and monitoring capabilities of European grids to deal with evolving future requirements“ (2020), Position paper by T&D Europe <https://www.tdeurope.eu/component/attachments/attachments.html?id=1631>.

¹⁰ <https://www.innosys2030.de/>.

3 Systemplanung als Grundlage der integrierten Infrastrukturplanung

3.1 Anforderungen an einen Systementwicklungsplan

Die hier diskutierten Herausforderungen der existierenden Planungsprozesse zeigen, dass sie in ihrer aktuellen Form nur eingeschränkt dafür geeignet sind, grundsätzliche Fragen zu beantworten, die für eine integrierte Infrastrukturplanung von großer Bedeutung sind. Um diesen Bedarf aufzufangen und die existierenden Planungsprozesse zu entlasten, hat die dena mit der B E T und im Austausch mit Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft im Rahmen der dena-Netzstudie III die Idee eines zusätzlichen vorgelagerten Prozesses, eines SEP, erarbeitet. Im Rahmen der dena-Netzstudie III wird nun bis Ende 2021 die Methodik für einen SEP ausgearbeitet und durch eine Pilotierung getestet.

Der SEP soll die Grundlage für eine integrierte Planung unseres Energiesystems legen. Dafür sollen im SEP für den Infrastrukturbedarf wichtige Weichenstellungen identifiziert, ihre Wirkungen bewertet und deren Kombination im Rahmen einer Energiesystemmodellierung optimiert werden. So wird eine Grundlage für eine informierte politische Entscheidung für ein Zielbild einer optimierten und integrierten Energieinfrastruktur geschaffen. Ein solches Zielbild liefert konsistente, legitimierte und infrastrukturübergreifende Leitplanken für die weiteren Planungsprozesse im Rahmen der Netzentwicklungs- und Netzausbaupläne auf Verteilnetzebene.

Der SEP-Prozess soll auch zentrale Fragen der Bevölkerung bezüglich des zukünftigen Infrastrukturbedarfs aufgreifen, einen Ort zur Partizipation und Diskussion schaffen sowie die resultierenden Infrastrukturbedarfe erklären, um Vertrauen zu schaffen und so die Akzeptanz für die nötigen Maßnahmen zu erhöhen.

Durch die übergreifende und langfristige Betrachtung der verschiedenen Infrastrukturen kann der SEP zusätzlich einen wichtigen Beitrag zur Identifizierung nötiger Innovationen, zu ihrer Bewertung und Priorisierung sowie zum Monitoring derselben leisten.

Um diese vielfältigen Aufgaben erfüllen zu können, muss der SEP zunächst Antworten auf zentrale Fragen geben, die einen großen Einfluss auf die zukünftigen Infrastrukturbedarfe haben. Für die Pilotierung des SEP im Rahmen der dena-Netzstudie III wurden aktuelle Leitfragen identifiziert, die im Rahmen der Pilotierung betrachtet und bewertet werden sollen:

- Welche quantitative Rolle spielt Wasserstoff im Energiesystem der Zukunft?

Wasserstoff ist das entscheidende Bindeglied zwischen dem Strom- und Gassektor und wird für die Dekarbonisierung zum Beispiel der Industrie eine wichtige Rolle spielen. Wie groß die Rolle von Wasserstoff in den verschiedenen Sektoren sein wird, hat Auswirkungen auf die benötigten Transportinfrastrukturen von Strom und Wasserstoff. Fragen von Erzeugung, Import, Transport und Verwendung von Wasserstoff müssen also so weit ausdetailliert und untersucht werden, dass die Wirkungen auf Infrastrukturen klar werden.

- Inwieweit ist Power-to-X (PtX) Teil dieser Strategie?

Power-to-X wandelt Strom in Gas oder Wärme und schafft damit die technische Verbindung zwischen den Sektoren. In welchem Umfang, an welchem Ort und wie PtX eingesetzt wird, wirkt sich auf die benötigten Infrastrukturen aus. Um PtX zu ermöglichen, sind neben technischen Fragen auch regulatorische Hürden zu

betrachten und gegebenenfalls abzubauen. Power-to-Gas wird dabei vor allem in Transportfragen wichtig, Power-to-Heat kann in der Verteilebene von zentraler Bedeutung sein.

- Wird die einheitliche Gebotszone in Deutschland aufrechterhalten?

Zurzeit gibt es in Deutschland zusammen mit Luxemburg eine einheitliche Gebotszone am Strommarkt. Das heißt, Strom kann, egal wo in der Gebotszone er erzeugt wird, gleich gehandelt werden. Dadurch werden allerdings Engpässe, die beim Transport entstehen können, nicht berücksichtigt. Eine Teilung der Gebotszone würde beim Handel eventuelle Engpässe zwischen Nord- und Süddeutschland berücksichtigen. Welche Vorzüge und Nachteile hätte es, Deutschland in mehrere Gebotszonen zu zerteilen, und welchen Aufwand würde es bedeuten, eine Aufteilung zu vermeiden?

- Welchen Beitrag können/müssen globale Märkte für synthetische Energieträger leisten?

Im Zuge der Dekarbonisierung der Weltwirtschaft werden synthetische Energieträger auch global eine immer größere Rolle spielen. Wie wichtig globale Märkte auch für Deutschland werden, hängt unter anderem davon ab, wie viel erneuerbare Energie in Deutschland erzeugt werden kann und wie sich das Angebot und die Preise global entwickeln. Außerdem kann die Erschließung globaler Märkte langwierig sein. Die Rolle synthetischer Energieträger im zukünftigen Energiesystem hat damit auch Auswirkungen darauf, welche Infrastrukturen in welchem Umfang benötigt werden.

- Ist die gezielte Allokation von Gaskraftwerken notwendig und/oder hilfreich?

Gaskraftwerke können als Brückentechnologie und zur Sicherstellung der Stromversorgung bei zeitweilig zu geringer Erzeugung aus erneuerbaren Energien notwendig sein. Wo diese Kraftwerke im Netz verortet sind, wirkt sich auf die benötigte Gas- und Strominfrastruktur aus.

- Wie ist der Ausbaupfad der erneuerbaren Energien zu gestalten?

Der Ausbau der erneuerbaren Energien bestimmt den Netzentwicklungsbedarf der Stromnetze maßgeblich. Da je nach Zukunftsbild ein schnellerer Ausbaupfad der erneuerbaren Energien zur Erzeugung ausreichender Energiemengen notwendig ist, ist zu prüfen, welche Auswirkungen das auf die Netze hat.

- Wie sollte die Allokation der erneuerbaren Energien gesteuert werden?

Die regionale Verteilung der erneuerbaren Energien ist, neben der installierten Leistung, entscheidend für die zukünftigen Transportbedarfe. So korrespondiert zu jedem Ausbaupfad auch eine Aufteilung der Erneuerbaren auf Technologien und Regionen. Hier ist zu klären, in welchem Maß auf die Allokation Einfluss genommen werden kann und sollte, um eventuell Transportbedarfe zu reduzieren.

- Ist ein „Dezentrales Konzept“ vorteilhaft?

Ein stärkerer dezentraler Ausbau von erneuerbaren Energien und Speichern könnte dazu beitragen, den Netzausbau auf Transportnetzebene zu reduzieren. Sollte sich das bestätigen, könnte ein solches Konzept Akzeptanzproblemen insbesondere beim Stromnetzausbau begegnen. Wie ein solches dezentrales Konzept aussehen kann, welche Maßnahmen dafür nötig sind und inwiefern es geeignet ist, Ausbaubedarfe effizient zu reduzieren, sollte geprüft werden.

Diese beispielhaften Leitfragen zeigen zentrale Weichenstellungen, die Einfluss auf den zukünftigen Infrastrukturbedarf haben. Die Szenarien des SEP sollten so gestaltet sein, dass ihre Bewertung, ihr Vergleich und ihre Diskussion die Entwicklung einer Strategie ermöglichen, die gute und fundierte Antworten auf diese

Fragen gibt. Das Ergebnis soll schließlich ein Zielbild des zukünftigen Energiesystems sein, das konsistente und aufeinander abgestimmte Leitplanken für die weitere Infrastrukturplanung liefert.

3.2 Verortung des Systementwicklungsplans vor den heutigen Infrastrukturplanungsprozessen

Die Analysen im Rahmen der dena-Netzstudie III haben gezeigt, dass der beste Weg, den identifizierten Herausforderungen zu begegnen und den Anforderungen an eine integrierte Infrastrukturplanung in Deutschland gerecht zu werden, ein vorgelagerter SEP ist. Denn ein solches Instrument legt die Grundlage für eine integrierte Planung und verbindet diese Analysen mit der konkreten Identifikation von Maßnahmen im Rahmen der Netzentwicklungspläne.

Der SEP nimmt also eine Mittlerrolle zwischen den übergeordneten, gesellschaftlichen und politischen Zielen, wie der Treibhausgasneutralität, und konkreten, politisch zu beschließenden Strategien und sektorspezifischen Leitplanken zur Ausgestaltung unseres zukünftigen Energiesystems ein, die als Eingangsdaten der folgenden Infrastrukturplanungsprozesse dienen können:

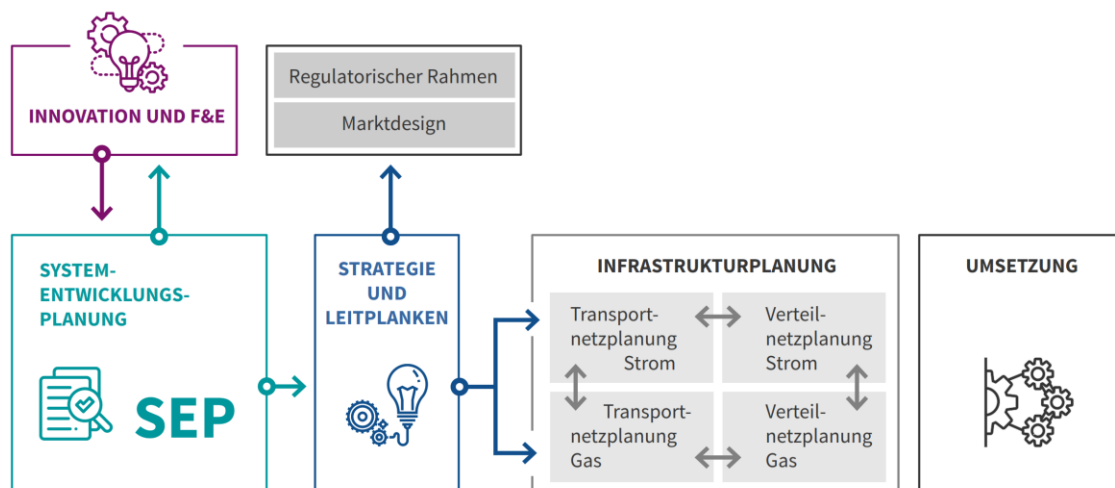


Abbildung 4: Der SEP als Grundlage der etablierten Infrastrukturplanungsprozesse

Die einzelnen Herausforderungen können durch einen so gestalteten SEP wie folgt bewältigt werden:

Systemische Optimierungspotenziale können besser genutzt werden, wenn der SEP vor den konkreten Planungsprozessen ein systemübergreifendes Bild davon entwirft, welche Rolle Strom im Verhältnis zu Wasserstoff und anderen Gasen im zukünftigen Stromsystem spielen wird und welche Verbindungen der Infrastrukturen wo zu erwarten sind. Im Ergebnis liefert der SEP ein Bild optimierter Energieflüsse, also die aufeinander abgestimmten Transportbedarfe von Strom, Gas, Wasserstoff und Wärme. Dieses Bild kann dann als Grundlage der konkreten Infrastrukturplanungsprozesse dienen.

Die folgende Grafik stellt zentrale Größen eines solchen Energieflussbildes dar, die, je nach Zukunftsbild, unterschiedlich ausgestaltet sind. Deutlich wird darin die gegenseitige Abhängigkeit zwischen den verschiedenen Infrastrukturen.

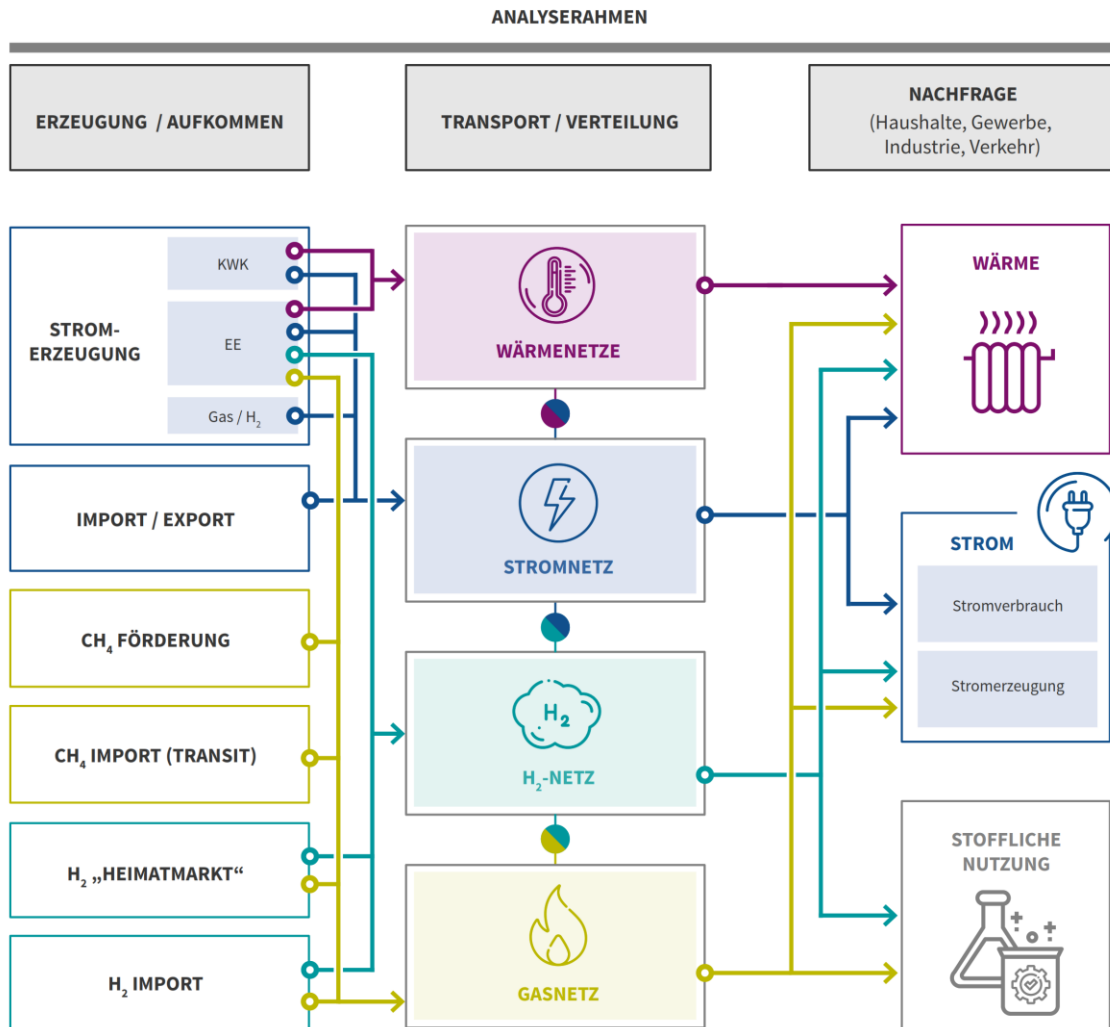


Abbildung 5: Energieflüsse und Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Energieträgern und Infrastrukturen

Die vorgelagerte Systemplanung hat im Gegensatz zu einer Zusammenlegung der NEP-Prozesse den Vorteil, dass die bereits sehr komplexen Prozesse der Netzentwicklungspläne mit sehr unterschiedlichen und infrastrukturenspezifischen Anforderungen nicht noch weiter verkompliziert werden. Stattdessen erfolgt eine Abstimmung und Optimierung der Transportbedarfe bereits im Vorfeld dieser Prozesse in einem nachvollziehbaren Rahmen, der es erlaubt, Grundsatzfragen transparent, verständlich und fundiert zu diskutieren. Die Ergebnisse des SEP dienen dann als gemeinsame Grundlage der weiteren etablierten und spezifischen Planungsprozesse.

Zeitliche und inhaltliche Konsistenz zwischen den verschiedenen Prozessen und den berücksichtigten Zielen wird hergestellt, indem der SEP die Grundlage für die Festsetzung einer Strategie und von Leitplanken für das gesamte Energiesystem ist. So können im Rahmen des SEP, ausgehend von den übergeordneten gesellschaftlichen Zielen, zentrale Planungsgrößen wie zum Beispiel Erzeugungskapazität, Power-to-X-Kapazitäten und ihre Allokation sowie Importbedarfe in einer angemessenen Bandbreite und infrastrukturübergreifend festgelegt werden. Diese Werte dienen dann als Eingangsgrößen der

Netzentwicklungspläne und anderer Infrastrukturplanungsprozesse. Durch die abgestimmte Grundlage entfallen Inkonsistenzen, die sonst aufgrund der unterschiedlichen Planungshorizonte, Erstellungsdaten und Methoden entstehen.

Gesellschaftlicher und politischer Beratungsbedarf wird vom SEP durch die Betrachtung verschiedener alternativer Zukunftsbilder eingelöst. Diese Bilder müssen nicht, wie die Szenarien des NEP, nur die wahrscheinlichen Entwicklungen auf Basis schon getroffener Entscheidungen berücksichtigen, sondern sollen verschiedene mögliche zukünftige Energiesysteme untersuchen und bewerten. Auf Basis dieser Bewertung können die notwendigen gesellschaftlichen Debatten geführt, zentrale Weichenstellungen identifiziert, Strategien entwickelt und die nötigen politischen Entscheidungen getroffen werden. Dazu ist es nötig, den SEP in einem partizipativen Prozess zu erstellen, der die Ergebnisse legitimiert und auf eine breite Basis stellt.

Beteiligung und Akzeptanz kann dadurch verbessert werden, dass der SEP eine transparente Debatte zu einem Zeitpunkt ermöglicht, zu dem noch große Einflussmöglichkeiten bestehen. Bisher gibt es für diese frühe Diskussion über die Zielrichtung unseres Energiesystems keinen Ort, an dem die nötigen Debatten partizipativ, verständlich, zugänglich und sichtbar geführt werden können. So gibt es zwar die Möglichkeit für alle Interessierten, zum NEP Stellung zu beziehen, doch können viele Stellungnahmen aufgrund des technischen Charakters des NEP und der gesetzlichen Anforderungen an den Prozess nicht oder nur teilweise berücksichtigt werden. Der vorgelagerte SEP-Prozess bietet die Chance, auch grundsätzliche Diskussionen zu einem Zeitpunkt zu führen, an dem noch Einflussmöglichkeiten bestehen, und diese Diskussion partizipativ und verständlich zu gestalten. So wird für spätere Infrastrukturmaßnahmen Vertrauen geschaffen.

Damit der SEP diese Rolle spielen kann, bedarf es eines transparenten Erstellungsprozesses, der Stakeholder einbindet und politisch legitimiert ist. Wie ein solcher Prozess ausgestaltet werden kann, ist Teil der Untersuchungen der dena-Netzstudie III. Eine mögliche Ausgestaltung eines regelmäßig wiederholten Prozesses wird im Folgenden dargestellt.

Innovationen spielen für die Infrastrukturentwicklung eine wichtige Rolle, da sie dazu beitragen, die Integration des Energiesystems effizient und sicher zu gestalten und dabei Ausbaubedarfe zu minimieren. Die langfristige und gezielte Entwicklung von Innovationen auf technologischer, prozessualer und marktlicher Ebene ist jedoch für einzelne Akteure schwierig umzusetzen, da große Unsicherheiten bei der Bewertung bestehen und daher die Risiken zum Teil hoch sind.

Der SEP kann Innovationen und ihre Anwendung also fördern, indem er auf Grundlage der erarbeiteten Zukunftsbilder Bedarfe für Innovationen identifiziert, Innovationen sichtbar macht und ihre Entwicklung beobachtet. Dieses Innovationsmonitoring ist im Rahmen des SEP nicht direkt Teil der Szenariengestaltung und Diskussion zur Ausgestaltung des Energiesystems, aber der SEP als vorgelagerter Prozess, der das zukünftige integrierte Energiesystem beschreibt, ist ideal dafür geeignet, Innovationsbedarfe auf Basis der Zukunftsbilder zu identifizieren und sichtbar zu machen. Eine Möglichkeit kann sein, dass der SEP Schwerpunktfelder für die Innovationsentwicklung vorschlägt, die dann in separaten Projekten ausgearbeitet werden können. In einem wiederkehrenden SEP-Prozess würde dann der Status dieser separaten Projekte begleitet, um Rückschlüsse auf die Potenziale und Reife der Innovationen und deren Einfluss auf Infrastrukturbedarfe zu ziehen.

3.3 Der SEP-Prozess

Damit der SEP die oben genannten Anforderungen einlösen kann, ist es nicht damit getan, eine Studie über die zukünftige Ausgestaltung unseres Energiesystems mit Fokus auf die dafür nötige integrierte Infrastruktur zu erstellen. Vielmehr muss der SEP in Zukunft in einem partizipativen, politischen, nicht exekutiven Prozess entstehen und in einer politischen Entscheidung münden, um als legitime und solide Basis der weiteren Planungsprozesse zu dienen, den politischen und gesellschaftlichen Beratungsbedarf einzulösen und Beteiligung zu ermöglichen. Ein solcher Prozess sollte in regelmäßigen Abständen, zum Beispiel alle vier Jahre, wiederholt werden, um neue Erkenntnisse und Entwicklungen mit einzubeziehen, neue Fragestellungen zu untersuchen und die gesetzten Ziele zu überprüfen.

Der hier exemplarisch vorgeschlagene Gesamtprozess des SEP gliedert sich in die drei Phasen: Grundlagen schaffen, Handlungsoptionen bewerten und Entscheidungen herbeiführen. In diesen Phasen findet eine Einbindung verschiedener Stakeholder statt. Am Ende des Prozesses steht die politische Entscheidung für bestimmte Weichenstellungen und Leitplanken, die dann als Grundlage der weiteren Infrastrukturplanung dienen können.

Die folgende Grafik stellt die Schritte und die jeweilige Einbindung verschiedener Perspektiven dar:

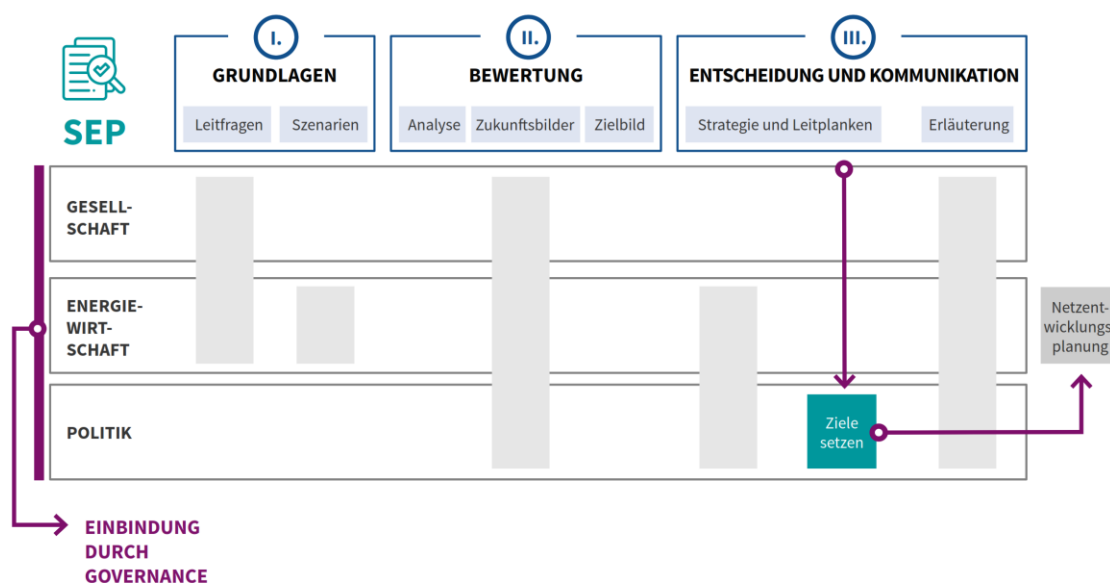


Abbildung 6: Die drei Phasen des SEP-Prozesses

Zunächst werden auf Basis übergeordneter Ziele und Verpflichtungen, gesellschaftlicher Fragestellungen sowie energiewirtschaftlicher Rahmenbedingungen die wesentlichen Leitfragen identifiziert, die im SEP untersucht werden sollen. Um die zentralen Fragestellungen im SEP abzubilden, ist es wichtig, an dieser Stelle und im Verlauf des Prozesses einen diversen Stakeholderkreis einzubinden, der verschiedene Perspektiven umfänglich einbringen kann.

Anhand der im ersten Schritt identifizierten Leitfragen (siehe auch 3.1) können Szenarien gestaltet werden. Bei der Szenariengestaltung beschränkt sich der SEP nicht wie der NEP auf wahrscheinliche Entwicklungen, sondern lotet bewusst Möglichkeitsräume für unser zukünftiges Energiesystem aus. So wird im Vergleich der

Szenarien ein besseres Verständnis der Auswirkungen verschiedener Weichenstellungen möglich. Eine besondere Herausforderung liegt darin, einerseits die Vielzahl an Entwicklungsmöglichkeiten gut abzubilden, andererseits nicht zu viele Szenarien und Sensitivitäten zu untersuchen, damit das Ergebnis auch produktiv und mit einem breiten Kreis diskutiert werden kann. Hier haben die bisherigen Untersuchungen gezeigt, dass ein Vergleich archetypischer Szenarien, die bestimmte wesentliche Trends besonders stark ausgeprägt beleuchten, der zielführende Weg sein kann. Am Ende der ersten Phase stehen also Szenarien, die es erlauben, eine Bewertung und Strategieentwicklung vorzunehmen.

In der zweiten Phase werden die Szenarien bewertet, um die Auswirkungen verschiedener Weichenstellungen besser zu verstehen. Zunächst wird dazu im Rahmen einer Analyse eine modellgestützte Berechnung und Optimierung der Szenarien durchgeführt und eine Bewertung vorgenommen. Mögliche Kriterien zur Bewertung der Szenarien können zum Beispiel CO₂-Emissionen, Kosteneffizienz, Robustheit, Umweltverträglichkeit und Flexibilität sein. Die Szenarien zusammen mit ihrer Bewertung liefern so ein Gesamtbild der Vor- und Nachteile der verschiedenen Zukunftsbilder und der Auswirkungen bestimmter Weichenstellungen. Maßgeblicher Vorteil durch die einheitliche Bewertung mit Kriterien ist, dass nicht verschiedene Studien zu verschiedenen Fragestellungen verglichen werden, sondern eine einheitliche Bewertungsgrundlage vorliegt.

Die Zukunftsbilder und ihre Bewertung sind im nächsten Schritt die Grundlage für eine breite gesellschaftliche Diskussion. Hier findet der politische Dialog statt, der zurzeit vor allem im Zuge des NEP Strom geführt wird, dort aber nicht richtig geführt werden kann, da wesentliche Vorentscheidungen bereits getroffen wurden. Der Vergleich der Zukunftsbilder und die Diskussion der jeweiligen Vor- und Nachteile sollen schließlich zur Entwicklung eines Zielbildes führen, das ein erstrebenswertes Energiesystem der Zukunft abbildet und die daraus resultierenden Anforderungen an die Infrastruktur zeigt.

Aus diesem Zielbild können nun in der letzten Phase einerseits ein Strategievorschlag für die Erreichung des Zielbildes und andererseits Entwicklungspfade auf dem Weg zur angestrebten Energiezukunft abgeleitet werden:

- Die aus dem Zielbild abgeleitete Strategie enthält Empfehlungen zu energiepolitischen Weichenstellungen. Dazu kommen zusätzliche Informationen, in welchem Zeitrahmen Entscheidungen zu treffen sind, welche Unsicherheiten es gibt, wo zusätzliche Forschungsbedarfe bestehen und wo es zunächst keinen politischen Handlungsbedarf gibt. Die Analyse und die Bewertung der verschiedenen Zukunftsbilder zeigen außerdem, welche Abwägungen getroffen werden müssen und welche Konsequenzen verschiedene Weichenstellungen haben.
- Die Entwicklungspfade für verschiedene zentrale sektorspezifische Parameter, wie zum Beispiel den Ausbau und die zu erwartende regionale Verteilung der erneuerbaren Energien, Power-to-X-Kapazitäten und ihre regionale Verteilung, Im- und Exporte von Strom, Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe etc., liefern innerhalb einer gewissen Bandbreite Leitplanken auf dem Weg zu einem klimaneutralen Energiesystem. Diese Leitplanken sind die Grundlage für die konkrete Infrastrukturplanung im Rahmen der etablierten Planungsprozesse.

In Summe gibt der SEP eine gesellschaftlich breit diskutierte Empfehlung für die Gestaltung des integrierten Zielsystems und den Weg dorthin. Als Bindeglied zwischen SEP- und den NEP-Prozessen, aber auch zwischen SEP und der Gestaltung des regulatorischen Rahmens, ist die Politik am Ende des SEP-Prozesses gefordert, die Empfehlungen in Vorgaben zu überführen.

Damit der SEP diese Leitwirkung adäquat erfüllen kann, müssen die Ergebnisse hinreichend politisch legitimiert werden. Diese Legitimation sollte aus einer gesetzlichen Verankerung des SEP-Prozesses und durch den partizipativen Erstellungsprozess erreicht werden, der von Anfang an diverse Interessen und Stakeholder berücksichtigt. Dadurch erfährt der SEP die nötige Sichtbarkeit und wirkt auf die anstehenden politischen Entscheidungen hin.

Letztes Element des SEP-Prozesses ist eine breite und transparente Kommunikation über den gesamten Prozess hinweg und zu den Ergebnissen und Entscheidungen. Sie informiert die Öffentlichkeit über gewählte Optionen und auch darüber, warum andere Möglichkeiten ausgeschlossen wurden. So wird verständlich, wie sich die Infrastrukturbedarfe in das Gesamtbild einer integrierten klimaneutralen Energiewelt einfügen.

4 Weiteres Vorgehen: dena-Netzstudie III

Die dena-Netzstudie III ist 2018 mit dem Ziel gestartet, die Netzplanung weiterzuentwickeln, um die systemischen Potenziale der integrierten Energiewende auch für die Infrastrukturplanung nutzbar zu machen. Noch bis Ende 2021 entwickelt die dena gemeinsam mit der B E T Büro für Energiewirtschaft und technische Planung GmbH sowie einem breiten Kreis von Netzbetreibern, Herstellern, Umwelt- und Branchenverbänden und der Politik Vorschläge zur Weiterentwicklung der Infrastrukturplanungsprozesse.

Hierzu wurden im Projektteam mehrere Arbeitsgruppen gebildet, die sich zentralen Fragestellungen wie der Ausgestaltung, Governance und Pilotierung des SEP, der Rolle von Innovationen, den Auswirkungen des Marktdesigns und den Schnittstellen zwischen den verschiedenen Planungsprozessen widmen. Ein breiter Partnerkreis steht den Arbeitsgruppen in einem Beirat und einem Board beratend zur Seite.

Die Einführung eines SEP-Regelprozesses wird eine zentrale Empfehlung der dena-Netzstudie III sein. Die Methodik der Szenariengestaltung und der sektorübergreifenden Optimierung wird zurzeit durch eine Pilotierung getestet, die Eingang in die Netzstudie finden wird. Parallel dazu werden Empfehlungen für eine geeignete Governance-Struktur des SEP und den Ablauf des SEP-Prozesses erarbeitet, die die Beteiligungs- und Legitimationsprozesse näher beschreiben. Die dena-Netzstudie III wird damit die Grundlage für die Einführung eines SEP-Regelprozesses legen.

Aufgrund der grundsätzlichen Fragen zur Weiterentwicklung der Energieinfrastruktur sollte ein erster Regelprozess des Systementwicklungsplans so bald wie möglich, spätestens Mitte 2022, starten. So können die im darauffolgenden Jahr zu erwartenden Ergebnisse des ersten vollständig durchgeführten SEP Eingang in den Szenariorahmen für den Netzentwicklungsplan Strom mit dem Erstellungsjahr 2025 finden, dessen Szenariorahmenentwurf Ende 2023 erstellt wird. Ebenso können die Ergebnisse für den NEP Gas sowie für einen möglicherweise bis dahin eingeführten NEP für Wasserstoffinfrastruktur genutzt werden. Die politischen Voraussetzungen für die Einführung des SEP-Prozesses sollten daher sehr zeitnah geschaffen werden.

Mitglieder Projektteam, Board und Beirat

Die Mitglieder des **Projektteams** sind Vertreterinnen und Vertreter aus folgenden Unternehmen und Institutionen: 50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, B E T – Büro für Energiewirtschaft und technische Planung GmbH, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, Deutsche Energie-Agentur (dena), E.ON SE, TEAG Thüringer Energie AG, TenneT TSO GmbH, TransnetBW GmbH, Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e. V.

Die Mitglieder des **Boards** sind Vertreterinnen und Vertreter aus folgenden Unternehmen, Verbänden und Institutionen: 50Hertz Transmission GmbH, Hitachi ABB Power Grids, Amprion GmbH, Bayernwerk Netz GmbH/E.ON SE, BayWa r.e. renewable energy GmbH, BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., BDI – Bundesverband der Deutschen Industrie e. V., Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, Bundesverband Neue Energiewirtschaft e. V. (bne), Bundesverband WindEnergie e. V. (BWE) und Bundesverband Erneuerbare Energie e. V. (BEE), ENERTRAG AG, EWE NETZ GmbH, Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN), Mitteldeutsche Netzgesellschaft Strom mbH, Netze BW GmbH, Siemens AG, Gas and Power, Stromnetz Berlin GmbH, TenneT

TSO GmbH, TransnetBW GmbH, VDMA Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V., Verband kommunaler Unternehmen e. V. (VKU), Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e. V., VGB PowerTech e. V., ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie e. V.

Die Mitglieder des **Beirats** sind Vertreterinnen und Vertreter aus folgenden Verbänden und Institutionen: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Bündnis 90/Die Grünen – Bundestagsfraktion, CDU/CSU-Bundestagsfraktion, Deutsche Umwelthilfe (DUH), Europäische Kommission, FDP-Bundestagsfraktion, Fraktion DIE LINKE im Bundestag, Germanwatch e. V., Greenpeace Deutschland e. V., Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung Mecklenburg-Vorpommern, Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein, Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie von Sachsen-Anhalt, Ministerium für Wirtschaft und Energie Brandenburg, Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Verkehr des Saarlandes, Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, NABU – Naturschutzbund Deutschland e. V., Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz, SPD-Bundestagsfraktion, Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie, Verbraucherzentrale Bundesverband e. V., WWF Deutschland

Weitere Informationen zur dena-Netzstudie III finden Sie hier: <https://www.dena.de/themen-projekte/projekte/energiesysteme/dena-netzstudie-iii/>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Der SEP als Mittler zwischen klimapolitischen Zielen und sektorspezifischen Leitplanken für die Infrastrukturplanungsprozesse	5
Abbildung 2: Zeitliche Abfolge und Planungshorizonte der aktuellen Infrastrukturplanungsprozesse für Strom und Gas	8
Abbildung 3: Methoden der Szenariengestaltung und ihre Verwendungsweisen	12
Abbildung 4: Der SEP als Grundlage der etablierten Infrastrukturplanungsprozesse	17
Abbildung 5: Energieflüsse und Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Energieträgern und Infrastrukturen	18
Abbildung 6: Die drei Phasen des SEP-Prozesses	20

