

# ENTWICKLUNG EINER INNOVATIVEN GENERISCHEN INFRASTRUKTUR- PLANUNGSPROZESS-MATRIX ZUR PROZESSSYNTHESE IN ENERGIEVERSORGUNGSUNTERNEHMEN

**Dominic Nailis, Markus Zdrallek**

Bergische Universität Wuppertal,  
Fakultät für Elektrotechnik, Informationstechnik und Medientechnik,  
Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik,  
evtinfo@uni-wuppertal.de

**Kurzfassung:** Eine zentrale Herausforderung der infrastrukturbetreibenden Energieversorgungsunternehmen besteht in der Definition der Versorgungsaufgabe, die als Basis der Infrastrukturplanung von zentraler Bedeutung ist. Diese Herausforderung wird durch die Dynamik und Unsicherheit der Randbedingungen schwieriger. Zudem besteht eine Diskrepanz zwischen langfristigem Planungs- und Investitionsbedarf einerseits und dynamischen, unsicheren Randbedingungen andererseits.

Um dieser Herausforderung gerecht zu werden, wird zunächst eine Analyse verschiedener, realer Infrastrukturplanungsprozesse durchgeführt. Dabei werden in den Prozessen wiederkehrende, einander ähnelnde Prozessschritte identifiziert. Durch die Abstraktion dieser Prozessschritte und deren jeweiliger Bearbeitungsintensität wird eine zweidimensionale Infrastruktur-Planungsprozess-Matrix gebildet, die von den untersuchten und anderen Planungsprozessen durchlaufen wird. Sie ermöglicht die Analyse und Modifikation vorhandener Planungsprozesse sowie die Gestaltung neuer Planungsprozesse.

Perspektivisch kann durch die Definition der Ziele und Kriterien eines individuellen Energieversorgungsunternehmens sowie unter Belegung der Felder der Infrastruktur-Planungsprozess-Matrix mit Kosten oder Nutzen die Güte eines jeden abgebildeten Planungsprozesses quantitativ ermittelt werden. Mithilfe einer individuellen Infrastruktur-Planungsprozess-Matrix kann dann ein individuell optimierter Prozess des einzelnen Energieversorgungsunternehmens bestimmt werden.

**Keywords:** Infrastruktur, Planungsprozess, Prozesssynthese, Netzausbau

## 1 Motivation und Zielsetzung

### 1.1 Herausforderung

Energieversorgungsunternehmen (EVU) planen und betreiben Infrastrukturen, um ihre Kunden u. a. mit Energie versorgen zu können. Die hierzu verwendeten Assets sind langlebig [1] und ihr Aus- bzw. Umbau ist, insbesondere bei erdverlegten Leitungen, zeit- sowie kostenintensiv. Zugleich ist die konkrete Versorgungsaufgabe bzw. die Frage, welcher Kunde welche Energieform und -menge zu welcher Zeit benötigt, im Wandel [2]. Dies wird getrieben

durch planvolle Änderungen wie die Aktivitäten der Energiewende (Kohleausstieg in Deutschland, Dekarbonisierung etc.), aber auch durch externe, ungeplante Einflüsse wie Konflikte zwischen Staaten und die daraus folgenden Störungen globaler Lieferketten, denn beides kann das Dargebot an Energie und/oder das Verbrauchsverhalten der Kunden beeinflussen. Eine Folge der Veränderung der Versorgungsaufgabe ist die Notwendigkeit zum Aus- und Umbau der Übertragungs- und Verteilinfrastrukturen für Strom, Erdgas, Wasserstoff und Wärme, wie die Langfristszenarien in [3] und [4] des Bundeswirtschaftsministeriums (BMWK) zeigen. In dieser Diskrepanz zwischen langlebigem Asset einerseits und Umfeld im Wandel andererseits muss das EVU seine individuelle Versorgungsaufgabe unter Verwendung einer geeigneten Methode definieren, um den Aus- und Umbau der Infrastruktur durchführen zu können.

## 1.2 Stand von Wissenschaft und Forschung/Technik

Bis heute haben sich verschiedene Vorgehensweisen zur Ermittlung der Versorgungsaufgabe in den verschiedenen Energieträgern und Versorgungsebenen entwickelt. Die verwendeten Methoden hängen unter anderem von der Komplexität des betrachteten Systems ab, dies kann exemplarisch an der Planung des Strom-Übertragungsnetzes verdeutlicht werden: Wie [5] schildert, lag die Versorgungsaufgabe zu Beginn des Strom-Übertragungsnetzes in der Verbindung der industriellen Standorte im Westen Deutschlands mit den Laufwasser- und Speicherkraftwerken im Alpenraum. Die methodische Herangehensweise fokussierte auf die technische Fragestellung. Durch das Erstarken des Verbundgedankens wurde auch eine „koordinierte Netzplanung“ (vgl. [5] S. 23) im Rahmen der Deutschen Verbundgesellschaft notwendig. Unternehmen wie die im Jahr 1928 gegründete „Aktiengesellschaft für Deutsche Elektrizitätswirtschaft“ strebten eine Gesamtordnung an, da die komplexer werdenden technischen Zusammenhänge einen geordneten Umgang, eine Methode erforderten [6].

Das Zusammenwachsen des europäischen Verbundsystems führt heute zu einem komplexeren technischen System und damit zu komplexeren Planungsmethoden, wie am ten-year-network-development-plan (TYNDP)<sup>1</sup> [7] erkennbar ist. Er wird von der der ENTSO-E<sup>2</sup> koordiniert. Auf nationaler Ebene ist der Prozess des Netzentwicklungsplans (NEP-Strom) in Kraft, der gesetzlich<sup>3</sup> determiniert ist und von den Übertragungsnetzbetreibern (ÜNB) durchgeführt wird [8]. Diese Prozesse und Methoden sind auf den Bereich des Strom-Übertragungsnetzes beschränkt und weisen nur geringe Anknüpfungspunkte an die Infrastrukturen anderer Energieträger oder Ebenen auf.

Im Bereich der Gas-Infrastrukturplanung werden ebenfalls Planungsmethoden beschrieben: Das Pendant zum NEP-Strom ist der NEP-Gas [9], der den Ausbau der Erdgas-Fernleitungsnetze Deutschlands sowie zukünftig auch der Wasserstoffinfrastruktur zum Gegenstand hat. Insofern weist er eine integrative Komponente über eine Energieträger-Grenze auf. Integrative Ansätze sind, mit Fokus auf die Übertragungsebene, außerdem in den Methoden des Systementwicklungsplans (SEP), in Anlehnung an die „dena Netzstudie III“ [10]

---

<sup>1</sup> Der TYNDP-Prozess koordiniert die Ausbaumaßnahmen des Strom-Übertragungsnetzes in Europa.

<sup>2</sup> ENTSO-E: European Network of Transmission System Operators for Electricity, Verband der Europäischen Übertragungsnetzbetreiber

<sup>3</sup> durch das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)

sowie der Systementwicklungsstrategie (SES) [11] zu erkennen, die einen gemeinsamen Planungsrahmen für die NEP-Strom und NEP-Gas zum Ziel haben.

Auf Verteilebene wird die Umstellung der Erdgas-Verteilnetze auf Wasserstoff im Gasnetzgebietstransformationsplan (GTP) [12] ebenfalls methodisch beschrieben. Die Kommunale Wärmeplanung (KWP) [13] des Landes Baden-Württemberg hat die spartenübergreifende Wärmebereitstellung im kommunalen Umfeld im Fokus.

Den vorliegenden Methodenbeschreibungen ist gemeinsam, dass sie sich in der Transportebene (Übertragung oder Verteilung) und/oder im betrachteten Energieträger (Strom, Erdgas, Wasserstoff, Wärme) stark fokussieren. Bisher nicht dokumentiert ist eine flexible, übergreifende Methode zur Ausgestaltung des individuellen Prozesses, in der die Versorgungsaufgabe untersucht und beschrieben wird. Für diese aktuelle und praxisrelevante Anforderung an die EVU besteht nach aktuellem Stand der Recherche keine allgemeine methodische Lösung.

## 2 Analyse

Um die in Abschnitt 1 erläuterte Herausforderung methodisch zu adressieren, wird zunächst eine Analyse verschiedener, realer Infrastrukturplanungsprozesse durchgeführt. Exemplarisch werden drei der genannten Planungsprozesse bezüglich ihres methodischen Ansatzes untersucht und hier vorab kurz vorgestellt:

- Der Systementwicklungsplan (SEP), in Anlehnung an die „dena Netzstudie III“ [10], befasst sich mit deutschlandweiten Infrastrukturen (Übertragungsnetze, Erdgas-Fernleitungsnetze). Der in diesem Kontext in einem begleitenden Gutachten [14] beschriebene Prozess zur Definition der Versorgungsaufgabe startet bei der Festlegung von Szenarien, definiert unter Beteiligung verschiedener deutscher Stakeholder Ziele und Kriterien und endet in der quantitativen Beschreibung eines Zielbildes, welches den NEP-Prozessen als Rahmen dienen soll.
- Der ten-year-network-development-plan (TYNDP) [7] der ENTSO-E umfasst europaweite Elektrizitätsnetze. Der hier enthaltene Prozess umfasst u. a. eine Abstimmung von Szenarien zwischen 40 Stakeholdern aus 36 Staaten sowie technische und ökonomische Modellierungen und zielt auf die Optimierung der weiträumigen Strom-Transportinfrastruktur, damit diese die europäischen politischen Vorgaben z. B. zum Klimaschutz unterstützen kann.
- Die Kommunale Wärmeplanung (KWP) [13] des Landes Baden-Württemberg hat die Energieträger übergreifende Wärmebereitstellung im kommunalen Umfeld im Fokus. Der hierin beschriebene Prozess weist u. a. den Kommunen die Verpflichtung zu, auf ihrem Gebiet die Wärmeversorgung der Kunden unter den Rahmenbedingungen des Klimaschutzes und der Emissionsreduzierung sicher zu stellen. Dazu werden in der Regel die EVU eingebunden.

Die Beispiele unterscheiden sich stark, u. a. bezüglich des betrachteten und beplanten Gebietes, der betrachteten Energieträger, der zeitlichen Auflösung, der Akteure und Stakeholder sowie in weiteren Aspekten.

Als Ausgangspunkt der Analyse wird der SEP gewählt, da dieser verschiedene Eigenschaften aufweist, die für eine spätere Verallgemeinerung der Prozessschritte auf eine Vielzahl von Planungsprozessen in der deutschen Energiewirtschaft zielführend sind. Zum einen ist der

SEP Energieträger-übergreifend angelegt. Eine Koordination zwischen unterschiedlichen Energieträgern ist daher enthalten. Zudem ist das geplante System das deutsche Energiesystem, die Randbedingungen (Gesetzgebung, Behördenstrukturen etc.) unter denen z. B. Governance-Fragen im Prozess aufgegriffen werden, sind daher für eine spätere Verallgemeinerung in Deutschland geeignet.

Die weiteren Prozesse (TYNDP und KWP) werden ergänzend herangezogen, um aus den Prozessunterschieden gegenüber dem SEP Zusatzinformationen ableiten zu können. Es wird ebenfalls untersucht, inwieweit die Prozesse trotz der stark verschiedenen Zielsetzungen Gemeinsamkeiten aufweisen.

Diese vergleichende Analyse ist die Basis für die Generierung der Infrastruktur-Planungsprozess-Matrix (IPM), indem alle zu durchlaufenden Prozessschritte ausgewiesen werden und zugleich unterschiedliche Bearbeitungsintensitäten benannt werden. Da eine allgemein verwendbare IPM angestrebt wird, ist es darüber hinaus erforderlich, die konkreten Prozessschritte und Bearbeitungsintensitäten der drei Beispielprozesse abstrakt zu beschreiben, um Übertragbarkeit auf andere, bestehende und auf neue Prozesse herzustellen.

### **3 Abstraktion und Synthese**

#### **3.1 Abstraktion der Prozessschritte**

Im Rahmen der Abstraktion der Prozessschritte wird ein generischer Ablauf beschrieben, innerhalb dessen alle untersuchten Beispielprozesse abgebildet werden. Die zu identifizierenden Prozessschritte werden zu Handlungsbereichen geclustert. Die Clusterung erhöht die Übersichtlichkeit innerhalb des Prozesses und ermöglicht zusammengefasste Auswertungen bzgl. der Eigenschaften der Cluster (z. B. Kosten, Ressourceneinsatz). Als Unterteilung werden fünf Cluster gewählt, die den Prozess in inhaltlich verwandte Abschnitte unterteilen.

Im ersten Cluster werden die Grundlagen des Planungsprozesses gelegt. Diese sind, im Vergleich zu späteren Schritten, weniger technisch, sondern legen die Vorgehensweise (z. B. die Kriterien für Güte) und das Ziel fest. Das zweite Cluster umfasst die Schritte der Konkretisierung der Anforderungen an die Szenarien (nicht an den Prozess). Diese Konkretisierung dient der Anpassung der zu verwendenden Szenarien auf die individuellen Gegebenheiten. Im dritten Cluster werden die Randbedingungen des EVU für die Prozessgestaltung konkretisiert. Das vierte Cluster dient der quantitativen Beschreibung der Szenarien und dem operativen Umgang mit diesen. Cluster 5 umfasst die Auswertung, informatorische Verdichtung und Aufbereitung der Ergebnisse zum gesuchten Endergebnis. Die 21 abstrakten Prozessschritte und ihre Clusterung werden im Folgenden benannt und kurz beschrieben sowie, wo nötig, anhand von Beispielen verdeutlicht.

##### **3.1.1 Cluster 1: Grundlagen des Planungsprozesses**

###### **1. Ziele festlegen:**

Ziele sind Größen, die unbedingt erreicht werden müssen, vergleichbar der Nebenbedingung in einer Optimierung. Eine Lösung, die ein Ziel verfehlt, ist mithin keine gültige Lösung.

2. Kriterien festlegen:  
An Kriterien wird die Güte einer Lösung bemessen, vergleichbar der Zielfunktion einer Optimierung. Typischerweise kommen Kostengrößen zum Ansatz: Die Lösung unter mehreren, die zu volkswirtschaftlich oder betriebswirtschaftlich geringeren Kosten führt, ist die bessere Lösung. Hinzukommen können andere Größen, wie z. B. Flächenverbrauch oder Ressourcenbedarf.
3. Attitüde des Szenarien-Sets:  
Hierbei wird der Umgang mit mehreren Szenarien oder Modellläufen festgelegt, z. B. die Frage, ob die spätere Versorgungsaufgabe darin besteht, allen Szenarien gewachsen zu sein oder genau einem Szenario. Dies bestimmt die sachgerechte Ausgestaltung der Szenarien.
4. Festlegung der angestrebten Szenarienzahl  $n$ :  
Diese Festlegung ist für die angedachte Verwendung der Szenarien im späteren Verlauf bedeutsam: Typisch ist ein einzelnes Szenario ( $n = 1$ ) für eine Prognose, eine kleine Anzahl (z. B.  $n = 3$  bis 5) für die Bildung eines Szenarienraumes und Robustheitsprüfungen sowie eine große Vielzahl ( $n > 100$ ) zur Ermöglichung von statistischen Untersuchungen (Monte Carlo Simulationen etc.).

### **3.1.2 Cluster 2: Konkretisierung der Anforderungen an die Szenarien**

5. Räumlicher Fokus:  
In diesem Prozessschritt wird festgelegt, auf welche räumliche Gesamtheit sich die Untersuchung der Versorgungsaufgabe bezieht.
6. Räumliche Auflösung:  
In diesem Prozessschritt wird festgelegt, in welcher räumlichen Granularität die Betrachtung erfolgt (z. B. Bundesländer, EVU-Versorgungsgebiete etc.).
7. Zeitlicher Fokus:  
Der Prozessschritt dient der Festlegung, welcher Zeitbereich und welches Zieljahr der Betrachtung zu Grunde gelegt wird.
8. Zeitliche Auflösung:  
Zur Konkretisierung muss definiert werden, in welcher zeitlichen Schrittweite die Betrachtung erfolgt, z. B. nur auf ein Zieljahr ausgerichtet oder mit Stützjahren.
9. Energieträger-Fokus:  
Eine grundsätzliche Festlegung ist die der zu betrachtenden Energieträger (Strom, Erdgas, Wärme, Wasserstoff).

### **3.1.3 Cluster 3: Randbedingungen des Energieversorgungsunternehmens**

10. Erhebung Versorgungs-Istzustand:  
Eine wesentliche Grundlage zur Erarbeitung der Versorgungsaufgabe der Zukunft ist diese Erhebung und Beschreibung der heutigen Versorgungsaufgabe.
11. Definition des beeinflussbaren Teil-Bereichs:  
Zur Ableitung möglicher Maßnahmen ist die Abgrenzung derjenigen Systemparameter, die von den Stakeholdern des Prozesses mit beeinflusst werden können, von denen,

die im Prozess als extern determiniert betrachtet werden sollen, zielführend.

12. Definition des Handlungsspielraums:

Innerhalb der Parameter aus Prozessschritt 11 ist die Festlegung der quantitativen Grenzen der Beeinflussung wichtig, z. B. eine Maximalvorgabe für den möglichen Ausbau von Windenergie im Versorgungsgebiet.

13. Energieträger-Entscheidung für Wechsel/Zuwachs:

Bei Überlegungen zum Um- oder Ausbau der Versorgungs-Infrastruktur bedarf es einer Festlegung, welche Energieträger einem Kunden optional zur Verfügung gestellt werden, also ob z. B. in einem Neubaugebiet die Option auf Anschluss an eine Fernwärmeversorgung oder Gasversorgung wahlweise besteht.

### 3.1.4 Cluster 4: Quantitative Beschreibung der Szenarien

14. Parametrisierung Umfeldszenarien ( $x$ -mal):

Der nicht beeinflussbaren Teil der Szenarien (unter Beachtung der angestrebten Szenarienzahl  $n$  aus Prozessschritt 4) wird quantitativ beschrieben.

15. Parametrisierung Handlungsvarianten ( $y$ -mal):

Der beeinflussbare Teil der Szenarien (ebenfalls unter Beachtung von Prozessschritt 4) wird unter Einhaltung des Handlungsspielraums aus Prozessschritt 12 quantitativ beschrieben.

16. Kombination zu (bis zu  $x$  mal  $y$ ) Szenarien:

Für die individuelle Untersuchung werden aus den Umfeldszenarien (Prozessschritt 14) und den Handlungsvarianten (Prozessschritt 15) durch Kombination die Gesamtszenarien gebildet. Es ist zu beachten, dass in Prozessschritt 4 eine Festlegung zur Anzahl der Szenarien getroffen wurde. Dies erfordert ggf. eine sachgerechte Auswahl aus den erzeugbaren Szenarien.

17. Modell-Rechnungen:

Ggf. ergänzen Modellrechnungen die Szenarien aus Prozessschritt 16 um weitere Größen (z. B. Kosten, Emissionsmengen, Eigenversorgungsquoten etc.) und ermöglichen damit spätere Auswertungen hinsichtlich der Ziele und Kriterien.

### 3.1.5 Cluster 5: Auswertung, Verdichtung und Aufbereitung

18. Auswertung bzgl. der Ziele:

Insbesondere bei Verwendung von Systemmodellen kann der Fall auftreten, dass bestimmte Szenarien zwar rechnerisch lösbar, aber gemessen an den angestrebten Zielen nicht gültig sind. Dies wird in Prozessschritt 18 überprüft.

19. Auswertung bzgl. der Kriterien:

Unter den gültigen Szenarien gilt es, die – an den definierten Kriterien gemessen – besseren zu identifizieren.

20. Auswertung bzgl. Robustheit:

Zwischen ähnlich guten Szenarien kann ein Unterscheidungsmerkmal darin bestehen, dass eines besser als andere geeignet ist, auch mit geänderten Randbedingungen umzugehen. Daher erfolgt in Prozessschritt 20 die Prüfung, welche der Lösungen auch in anderen Szenarien funktionsfähige Systeme bilden und damit robust gegenüber

einem Szenarienwechsel sind.

21. Verdichtung zu einem Leitbild bzw. einer Versorgungsaufgabe:

Als letzter Prozessschritt erfolgt die Zusammenführung der Lösungen und Bewertungen zur Versorgungsaufgabe, auf die sich das EVU vorbereiten muss. In welcher Weise dies geschieht, wird z. B. durch Prozessschritt 3 (Attitüde des Szenarien-Sets) bestimmt.

Diese 21 Prozessschritte in 5 Clustern stellen einen generischen Ablauf dar, der von allen Beispielprozessen durchlaufen wird, allerdings in verschiedener Bearbeitungsintensität. Daher ist es zielführend, innerhalb eines jeden Prozessschrittes zwischen unterschiedlichen Bearbeitungsintensitäten zu unterscheiden, um der Verschiedenartigkeit der Beispielprozesse und anderer Prozesse gerecht zu werden.

### **3.2 Abstraktion der Bearbeitungsintensität**

Aus den realen Beispielprozessen werden neun verschiedene Bearbeitungsintensitäten abgeleitet. Eine Weitere, das „externe Votum“, wird aus theoretischer Überlegung heraus ergänzt. Die Abstimmungsforschung legt am Beispiel der Schweiz nahe, dass diese Entscheidungsform bei hoher Beteiligung zu einer hohen Akzeptanz für das Entscheidungsergebnis führt [15]. Leitend für die Einordnung der Prozessschritte in die Bearbeitungsintensitäten ist, auf welche Weise der Prozessschritt abgearbeitet wird. Die zehn resultierenden Stufen lauten:

- a. Extern determiniert:  
Der Prozessschritt wird außerhalb des Prozesses ausgeführt, da z. B. durch ein Gesetz das Ergebnis des Prozessschrittes bereits vorgegeben ist.
- b. Im internen Diskurs ermittelt:  
Die Stakeholder des Prozesses lösen die Herausforderungen des Schrittes durch eigene Fähigkeiten, z. B. durch Diskussion zwischen den Stakeholdern.
- c. Unterstützter Diskurs (UD), Berater:  
Unter UD wird hier und im Folgenden die Hinzuziehung von Hilfsmitteln zum Diskurs der Stakeholder in verschiedener Ausprägung, in diesem einfachsten Fall von externer Beratung, verstanden.
- d. UD auf Basis einer Meta-Recherche:  
Die Unterstützung erfolgt durch die Heranziehung einer vergleichenden Gegenüberstellung von externen Informationen zum anstehenden Prozessschritt.
- e. UD auf Basis einer Kennzahlenanalyse:  
Es wird ein Vergleich mit anderen EVU basierend auf Kennzahlen durchgeführt.
- f. UD unter Verwendung eines geographischen Informationssystems (GIS):  
Hierbei werden spezifische Daten des Versorgungsgebietes passend zur regionalen Auflösung der Aufgabenstellung erhoben und verdichtet.
- g. UD unter Zuhilfenahme eines Berechnungstools:  
Quantitative Zusatzinformationen werden mit computergestützten Hilfsmitteln zur

Entscheidungsunterstützung erhoben.

- h. Modellierung des betrachteten Systems:  
Eine Modellierung stellt eine besonders umfassende Ausprägung der zuvor genannten Bearbeitungsintensität  $g$  dar, bei der die für den jeweiligen Prozessschritt wesentlichen Systemeigenschaften geschlossen rechnerisch abgebildet werden.
- i. Konsultierter Diskurs:  
Eine öffentliche Konsultation des Ergebnisses, das aus einer der vorherigen Bearbeitungsintensitäten hervor gegangen ist, kann zusätzlich erfolgen.
- j. Externes Votum:  
Eine öffentliche Entscheidung über verschiedene Ergebnisse der vorherigen Bearbeitungsintensitäten kann zusätzlich erfolgen.

Die Bearbeitungsintensitäten ermöglichen es, einerseits verschiedene bestehende Prozesse zu differenzieren, auch bei identischer Abfolge der Prozessschritte. Andererseits bilden sie eine Basis für die Ausgestaltung neuer Prozesse. Aus den zwei Dimensionen der Prozessschritte und der Bearbeitungsintensitäten wird die IPM gebildet.

### **3.3 Ableitung der Infrastruktur-Planungsprozess-Matrix**

Die IPM wird durch die generischen Prozessschritte aufgespannt, die in verschiedenen abstrakten Bearbeitungsintensitäten umgesetzt werden können. Sie ermöglicht die Analyse und Modifikation vorhandener Planungsprozesse sowie die Gestaltung neuer Prozesse. Die (ggf. vergleichende) Analyse vorhandener Prozesse erfolgt, indem diese in die IPM eingetragen werden. Eine Gestaltung neuer Prozesse ist möglich, indem für jeden Prozessschritt die Bearbeitungsintensität initial festgelegt wird.

In Abbildung 1 ist dargestellt, wie die drei untersuchten Beispielprozesse (SEP, TYNDP und KWP) sowie die Ergänzung um das „Externe Votum“ die IPM aufspannen. Farblich markiert ist je Beispielprozess, wie sich die Beispielprozesse innerhalb der IPM unterscheiden. Ein Feld der IPM kann auch von zwei Prozessen durchlaufen werden, diese Fälle sind als Farbverlauf dargestellt. Wenn alle drei Prozesse denselben Prozessschritt in derselben Bearbeitungsintensität durchlaufen, ist dieses Feld orange eingefärbt. Die Beschriftung der Zeilen- und Spalten entspricht, z.T. abgekürzt, den Prozessschritten und Bearbeitungsintensitäten wie vorstehend beschrieben.

Eine Überprüfung mit dem Prozess des NEP-Strom zeigt, dass auch dieser Prozess, obschon er nicht zu den drei exemplarisch verwendeten Prozessen gehört, in der IPM abgebildet werden kann.

IPM	Prozessschritte in Clustern																					
	Cluster 1				Cluster 2					Cluster 3				Cluster 4				Cluster 5				
	Ziele	Kriterien	Attitüde	Szenarienzahl	Räumlicher Fokus	Räumliche Auflösung	Zeitlicher Fokus	Zeitliche Auflösung	Energieträger-Fokus	Ist-Zustand	Def. beeinfl. Teil	Handlungsspielraum	Wechselselektierung	Param. Umfeldszen.	Param. Handlungsvar.	Kombination zu Szen.	Modellrechnungen	Auswertung Ziele	Auswertung Kriterien	Auswertung Robustheit	Ergebnisverdichtung	
Bearbeitungsintensitäten	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Extern determiniert	a	S+T		S		A	S+K	S+K	K	T+K	K	T	T									
Interner Diskurs	b	K	T+K	T+K	S+T		T	T	S+T	S		S+K	K		K	K				K	K	
Unterstützter Diskurs (UD) beraten	c										S+T	S	K			S						S
UD Meta-Recherche	d									S+T	S											
UD Kennzahlen	e												K									
UD GIS	f												K									
UD Berechnunstool	g														S							
Modellierung	h											S+T				S+T	S+T	S+T	S+T	S+T	S	
Konsultation	i		SEP											S+T	S+T							
Externes Votum	j																					

  

Legende					
S	SEP	S+T	SEP und TYNDP	A	Alle Prozesse
T	TYNDP	S+K	SEP und KWP		
K	KWP	T+K	TYNDP und KWP		

Abbildung 1: Infrastruktur-Planungsprozess-Matrix (IPM) auf Basis von Beispielprozessen

### 3.4 Verwendung der IPM

#### 3.4.1 Möglichkeiten der Untersuchung vorhandener Prozesse

Die IPM ermöglicht die Analyse vorhandener Prozesse bereits durch den optischen Eindruck. Je weiter oben in der Bearbeitungsintensität das markierte Feld des Prozesses liegt, desto geringer ist diese Bearbeitungsintensität. Bei Eintragung in Zeile a wird der Prozessschritt von den Stakeholdern des Prozesses nicht umgesetzt, da er bereits extern vorgegeben ist. Im intensivsten Fall j, wird durch die Stakeholder der Prozessschritt zwar aufbereitet, dann jedoch an eine Gesamtheit (z. B. die Bevölkerung) zur Entscheidung übergeben. Tendenziell sind Prozesse mit einem Verlauf, der weiter oben in der Matrix liegt, von geringerem Aufwand als Prozesse, die sich häufiger im unteren Teil befinden. Die Clusterung ermöglicht darüber hinaus eine Beurteilung, in welchen Prozessphasen (repräsentiert durch die Cluster) hoher oder geringerer Aufwand anfällt: Eine hohe Intensität in Cluster 1 lässt auf besonders aufwändige Schaffung von Grundlagen schließen. Eine hohe Intensität in Cluster 5 ist als aufwändige Ergebnis-Prüfung und Aufbereitung zu interpretieren.

#### 3.4.2 Beispiele

Erkennbar ist, dass die untersuchten Prozesse insbesondere in Cluster 1 und 2 teilweise extern determiniert sind, da die Zeile a häufig verwendet wird. Das bedeutet, die Vorgaben aus Gesetzen und Normen bestimmen einen großen Teil des Lösungsraums und die Handlungsspielräume der Stakeholder sind dadurch eingeschränkt. Für Prozessschritt 5 (räumlicher Fokus) ist bei allen Prozessen extern vorgegeben, wie das Ergebnis ist. Zugleich weist die IPM aus, dass die Option auf eine stärkere Öffentlichkeitsbeteiligung (Bearbeitungsintensitäten i und j) in diesen Phasen von einer Ausnahme abgesehen ungenutzt

bleibt. Zu untersuchen ist, ob eine Konsultation der frühen Schritte (z. B. der Ziele und Kriterien) eine höhere Akzeptanz des Prozesses bewirken kann und ob Akzeptanz explizit zu den primären Zielen der Prozessgestaltung gehört.

Im späteren Verlauf der Beispielprozesse spreizt sich die Bandbreite deutlich auf. Dabei spielt die Frage nach einer Modellierung (Bearbeitungsintensität  $h$ ) eine besondere Rolle, denn hier bestehen Interdependenzen. Soll z. B. die Auswertung auf Zielerreichung und Robustheit (Prozessschritte 18 und 19) quantitativ modellgestützt erfolgen, setzt dies die Bearbeitungsintensität „Modellierung“ in Prozessschritt 17 voraus. Wird andererseits der Prozessschritt 17 „Modellierung“ nicht durchlaufen, wie im Beispiel der KWP, können auch die vorbereitenden und nachfolgenden Schritte in einer niedrigeren Bearbeitungsintensität durchlaufen werden.

### **3.4.3 Gestaltung neuer Prozesse**

Ein neuer Prozess kann in der IPM angelegt werden, indem für jeden Prozessschritt initial die Entscheidung getroffen wird, in welcher Bearbeitungsintensität er durchlaufen werden soll. Grundsätzlich lässt die IPM eine große Vielzahl von möglichen Prozessen zu. Rechnerisch ergeben sich  $10^{21}$  mögliche Verläufe, die allerdings nicht alle inhaltlich sinnvoll sind. Interdependenzen wie die vorstehend skizzierte Frage nach der Modellierung und deren Voraussetzungen und Folgen führen dazu, dass die Anzahl sinnvoller Prozesse innerhalb der IPM geringer ist. Die individuellen Randbedingungen jedes einzelnen EVU schränken die IPM im Einzelfall zusätzlich ein. Zu den individuellen Randbedingungen zählen z. B. die zu betrachtenden Energieträger, die Wirtschaftskraft des Unternehmens sowie externe Stakeholder-Interessen (z. B. der Gemeinde).

## **4 Ausblick**

Die IPM ist ein flexibles Werkzeug, um Infrastrukturplanungsprozesse qualitativ zu vergleichen und/oder auf die Aufgabenstellung angepasst zu gestalten. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die IPM stärker zu individualisieren, sodass sie auf die Gegebenheiten des einzelnen EVU zugeschnitten ist. Dies erfolgt z. B., indem individuelle Einschränkungen berücksichtigt werden.

Perspektivisch wird auf dieser Basis auch eine quantitative Optimierung des Infrastrukturplanungsprozesses im Einzelfall möglich. Jedes einzelne EVU kann individuelle Ziele und Gütekriterien haben. Diese können, neben der Kostenreduzierung, z. B. eine besondere Qualitätsanforderung (Maß der Versorgungssicherheit) und/oder einen Anspruch hoher Akzeptanz umfassen. In der Regel liegt eine Mischung der verschiedenen Gütekriterien vor. Sofern in Prozessschritt 1 und 2 die Ziele und Kriterien sachgerecht definiert werden und die einzelnen Felder der IPM mit validen Schätzungen zu Kosten oder Nutzen in den Dimensionen der individuellen Kriterien belegt werden, lässt sich die IPM perspektivisch nutzen, um die Güte des individuellen Infrastrukturplanungsprozesses quantitativ zu ermitteln und auch zu optimieren. Im Lösungsraum der individuellen, quantitativen IPM kann also ein Prozess gestaltet werden, der zur optimalen Ermittlung der Versorgungsaufgabe des einzelnen EVU führt.

## 5 Referenzen

- [1] S. von Roon, M. Sutter, F. Samweber und K. Wachinger, Netzausbau in Deutschland, Wozu werden neue Stromnetze benötigt?, Berlin: Konrad-Adenauer-Stiftung e.V. (Hrsg.), 2014.
- [2] U. Groß und H. Schuster, „Langfristige Entwicklung der Versorgungsaufgabe für Strom, Gas und Wärme,“ *EW Magazin für die Energiewirtschaft*, Nr. 1, pp. 12-17, 1 2019.
- [3] F. Sensfuß, „Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3, Kurzbericht,“ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Berlin, 2021.
- [4] B. Tersteegen, „Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3 Modul Stromnetze,“ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Berlin, 2021.
- [5] A. Schnug und L. Fleischer, Bausteine für Stromeuropa, Heidelberg: Deutsche Verbundgesellschaft e.V. (Hrsg.), 1999.
- [6] T. Horstmann und K. Kleinekorte, Strom für Europa 75 Jahre RWE-Hauptschaltleitung Brauweiler 1928-2003, Essen: Klartext Verlag, 2003.
- [7] ENTSO-E, „TYNDP 2022 Scenario Building Guidelines,“ ENTSO-E, Brüssel, Belgien, 2022.
- [8] Übertragungsnetzbetreiber, „Netzentwicklungsplan Strom 2037/2045 (2023), zweiter Entwurf,“ Übertragungsnetzbetreiber, Berlin/Dortmund/Bayreuth/Stuttgart, 2023.
- [9] Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas e.V., „Netzentwicklungsplan Gas 2022–2032 (Entwurf),“ Berlin, 2023.
- [10] S. Mischinger, P. Hader, T. Mennel, A. Müller, H. Seidl und Y. Severin dos Santos, „dena Netzstudie III,“ Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.), Berlin, 2022.
- [11] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, „Zwischenbericht der Systementwicklungsstrategie,“ Berlin, 2023.
- [12] DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e.V. (Hrsg.), „Der Gasnetzgebietstransformationsplan, Ergebnisbericht,“ Bonn, 2023.
- [13] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, Baden-Württemberg, „Kommunale Wärmeplanung, Handlungsleitfaden,“ Stuttgart, 2021.
- [14] D. Nailis, J. Schlags und M. Ritzau, „dena Netzstudie III, Anhang I, Gutachten des BET zur Methodik des SEP,“ Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.), Berlin, 2022.
- [15] M. Flick Witzig und A. Vatter, „Mobilisierung durch Themen?,“ in *Direkte Demokratie in der Schweiz Neue Erkenntnisse aus der Abstimmungsforschung*, Zürich und Genf, Seismo Verlag, Sozialwissenschaften und Gesellschaftsfragen AG, 2022, pp. 117-136.

