

## AP1 & AG Modellierung und Szenarien: Inventur der ENavi-Kompetenzen - Modelle, Methoden und Interventionen

Autoren: Ulrich Fahl, Wolfgang Hauser, Lisa Nabitz, Tobias Naegler, Sigrid Prehofer, Dirk Scheer, Sebastian Strunz, Claudia Zabel

Stand: 28.08.2018

### 1. Einleitung

Der ENavi-Analyse-, Bewertungs- und Diskursprozess wird durch das Arbeitspaket 1 Roadmap und Navigation in unterschiedlicher Weise auf methodischer Ebene begleitet und unterstützt.<sup>1</sup> Die gemeinsam mit der AG Modellierung und Szenarien erarbeitete ENavi-Inventur stellt dabei einen zentralen Input für die Strukturierung dieses Prozesses dar. In der ENavi-Inventur erfolgte eine systematische Bestandsaufnahme der inhaltlichen und methodischen Kompetenzen innerhalb des ENavi-Konsortiums. Die fragebogenbasierte Erhebung ermittelte **quantitative und qualitative Modelle und Methoden**<sup>2</sup> sowie **Interventionen**<sup>3</sup>. Die Bestandsaufnahme ermöglicht Transparenz der ENavi-Expertise und fördert die Kompetenzbündelung für den inter- und transdisziplinären ENavi-Prozess bestehend aus Analyse, Bewertung und Diskurs. Unter Berücksichtigung der Stärken einzelner Methoden und Modelle wird der komplexe Workflow innerhalb des ENavi-Prozesses strukturiert. Dadurch können Synergien genutzt werden, um möglichst belastbare Maßnahmenbündel und Transformationspfade zu entwickeln und robuste Folgenabschätzungen vorzunehmen.

Die Ergebnisse der ENavi-Inventur finden nicht nur in den Arbeiten von Arbeitspaket 1 Roadmap und Navigation Verwendung, sondern sollen ENavi-Kolleginnen und -Kollegen als auch Koper-

nikus-übergreifend beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zur Verfügung gestellt werden. Darüber hinaus sollen die Inventur-Ergebnisse auch für die interessierte Öffentlichkeit verfügbar gemacht werden, um sich über die Kompetenzen und methodischen Ansätze innerhalb des ENavi-Konsortiums informieren zu können.

Ziel dieses Berichts ist es einen zusammenfassenden Überblick über die Vorgehensweise, Datenbasis und erste Ergebnisse zur ENavi-Inventur zu geben. Hierzu werden die unterschiedlichen Forschungszugänge in den Bereichen quantitative und qualitative Modelle und Methoden sowie Interventionen über exemplarische Anwendungsbeispiele dargestellt. Ein vollständiger Überblick über alle Inventurergebnisse wird nicht geleistet. Für die einzelnen Modelle, Methoden und Interventionen wurden Steckbriefe erstellt, die online zum Download bereitstehen.

Im Folgenden wird zunächst die Vorgehensweise und Datenbasis erläutert. Daran schließt sich die Ergebnisdarstellung an. Der Abschnitt Modelle befasst sich mit Energiemodellen, während im Abschnitt Methoden die in ENavi angewandten quantitativen, qualitativen und semi-quantitativen methodischen Ansätze vorgestellt werden. Im Abschnitt Interventionen werden die in ENavi beforschten Politikinstrumente vorgestellt.

<sup>1</sup> Vgl. Evaluations-Dokument: Scheer et al. (2018): AP1: Der Roadmap- und Navigationsansatz.

<sup>2</sup> Hinweis zur Definition Modelle & Methoden: Zur Strukturierung werden auf analytischer Ebene in diesem Bericht Methoden und Modelle getrennt betrachtet, wenngleich Modelle als Bestandteil von Methoden einzuordnen sind. Unter „Modelle“ werden hier computerbasierte Simulationsmodelle gefasst. Der Bereich „Methoden“ umfasst weitere qualitative und quantitative Methoden.

<sup>3</sup> Hinweis zur Definition Interventionen: Hier ist ein weiter Begriff von Interventionen zu Grunde gelegt. „Interventionen“ umfassen einerseits bewusste staatliche Steuerungsprozesse, andererseits die Einzelhandlungen dezentraler Akteure, die, wie staatliche Interventionen, Folgen und Nebenfolgen haben werden.



## 2. Vorgehensweise und Datenbasis

Für die Erhebung der ENavi-Kompetenzen in den drei Bereichen Modelle, Methoden und Interventionen wurden von Arbeitspaket 1 Roadmap und Navigation und der AG Modellierung und Szenarien zwei unterschiedliche Fragebögen erstellt, die für den Bereich der Modelle und Methoden sowie Interventionen grundsätzliche Charakteristika abfragten. Im Rahmen der Anfang 2018 begonnenen Inventur wurden insgesamt 90 Fragebögen erfasst: 24 Fragebögen zu Modellen, 30 zu Methoden und 46 zu Interventionen.<sup>4</sup> Dabei ist die Zuordnung zu den Kategorien nicht immer eindeutig und damit vorläufig.

### *Vorgehensweise der Modell-Inventur*

Die **erste Stufe der Modell-Inventur** bestand in einer detaillierten fragebogenbasierten Erhebung der zentralen Merkmale aller Modelle, die innerhalb von ENavi Verwendung finden sollen. Sie diente einer ersten Bestandsaufnahme und Charakterisierung der Modelle. Die Ergebnisse erlauben aber auch Rückschlüsse darauf, welche Sektoren des Energiesystems im ENavi-Konsortium bzgl. der Modelle unter- bzw. überrepräsentiert sind.

In den Fragebögen wurden Eigenschaften des Modells abgefragt wie bspw. der Modellierungsansatz, das Lösungsverfahren, das prinzipielle Anwendungsgebiet, die zeitliche, räumliche und technologische Auflösung, der Zeithorizont, typische exogen vorzugebende Inputs und endogen ermittelte Modellergebnisse. Darüber hinaus wurde der Bezug zu ENavi konkretisiert (z.B. AP-Zugehörigkeit, Fragestellungen, geplante Weiterentwicklungen).

In einer **zweiten Stufe der Modell-Inventur** lieferten die Modellierer Einschätzungen darüber, inwieweit die jeweiligen Modelle System-, Orientierungs- oder Transformationswissen generieren und bzgl. welcher Fragestellungen bzw. welcher Sektoren die jeweiligen Modelle Stärken und Schwächen aufweisen. Diese Informationen liefern erste Hinweise darauf, welche Modelle zur Beantwortung komplexer Fragestellungen wie gekoppelt werden könnten, um Synergien zu schaffen und die Stärken

der einzelnen Modelle möglichst effektiv zu nutzen. Eine graphische Auswertung und Aufbereitung der Modell-Inventur erlaubt eine zusammenfassende Darstellung der Modellierungskompetenzen in ENavi.

### *Vorgehensweise Methoden-Inventur*

Auch die Methoden-Inventur wurde auf Basis eines umfangreichen Fragebogens durchgeführt, der mit den Fragen zu Modellen inhaltlich gekoppelt wurde. Ziel dieser Erhebung war es ebenfalls eine erste Bestandsaufnahme zu in ENavi verwendeten (semi)quantitativen und qualitativen Methoden jenseits von Simulationsmodellen zu generieren. Die Befragung umfasste neben allgemeinen projektbezogenen Daten, wie Ansprechpartner, Institution und Arbeitspaket eine allgemeine Beschreibung der Methode, deren Anwendungsgebiet und konkreten Untersuchungsgegenstand im Projekt. Daneben wurden grundlegende Charakteristika zur Analyseebene (bspw. zeitliche und räumliche Fokussierung des Forschungsdesigns, Informationen zur Stichprobe bei empirischer Herangehensweise, zusätzlich erläuternde Literatur als auch in ENavi erstellte Publikationen) abgefragt. Zusätzlich wurden Daten zu sektoralen Bezügen, betrachteten Akteuren, Art der Datenerhebung, -auswertung und Ergebnisdarstellung gesammelt. Eine übergreifende Auswertung zu den Forschungszugängen bietet einen umfassenden Überblick über die qualitativen und quantitativen Methoden im Konsortium. Auf dieser Basis können weitere übergreifende Auswertungen mit Blick auf sektorale Verteilung, Akteure, räumlich-zeitliche Abdeckung als auch eine Analyse der Verteilung hinsichtlich der inhaltlichen Arbeiten in ENavi erstellt werden.

<sup>4</sup> Die Datenbasis der Inventur gibt als Momentaufnahme einen Überblick über die Vielfalt der Kompetenzen in ENavi, die sukzessive ergänzt und angepasst werden kann.



### Vorgehensweise Interventionen-Inventur

Im Rahmen der ENavi-Inventur wurden die innerhalb des Konsortiums beforschten Interventionen mit einem Fragebogen erfasst. Wie auch im Fragebogen zu Modellen und Methoden wurden auch hier allgemeine projektbezogene Daten erhoben. Neben einer Einordnung des Interventionstypus und der Frage nach ihrem Adressaten und Sender, ging es darin um die vermutete Wirkung der beforschten Intervention und um den Umfang der im Rahmen von ENavi geplanten Überprüfung ihrer Wir-

kung. Die Fragen zur antizipierten Wirkung umfassten den Wirkmechanismus, eine Einschätzung der Effektivität und Effizienz, sowie bereits bekannter Wechsel- und Nebenwirkungen und Fragen zur Legitimität und Resilienz der Intervention. Zudem wurde danach gefragt, ob alternative Interventionen mit ähnlicher Wirkung bekannt sind. Um die verschiedenen Ansätze der Analyse der Interventionen zu erfassen, wurde auch erhoben, ob die Intervention empirisch oder modellbasiert getestet wird – wenn ja, mit welchem Modell das geschieht – und ab wann mit ersten Ergebnissen dieser Überprüfung zu rechnen sei.

## 3. Erste Ergebnisse

Eine erste, aggregierte Auswertung der Daten zur ENavi-Inventur zeigt eine nahezu gleichverteilte Anwendung von quantitativen und qualitativen Modellen und Methoden. Das kann als wesentliche Stärke des ENavi-Projektes gesehen werden. Auch eine erste Auswertung über die drei Sektoren Strom, Wärme und Mobilität zeigt, dass die methodischen Forschungszugänge im Konsortium stark diversifiziert sind. Auch eine erste Analyse mit

Blick auf die Interventionen zeigt, dass diese von allen Arbeitspaketen adressiert und aus der Perspektive aller drei Sektoren umfangreich beforscht werden. Im nun nachfolgenden Abschnitt werden die ersten Ergebnisse der ENavi-Inventur in den drei Bereichen Modelle, Methoden und Interventionen näher erläutert.

### Modelle in ENavi

Die Modell-Inventur deckt aktuell mit 24 Modellen nahezu alle im Rahmen von ENavi verwendeten Modelle ab. Das Modellspektrum im Konsortium umfasst thermodynamische Prozesssimulationen, ein Modell für das europäische Gas-Transportnetz, Ausbau- und Dispatch-Optimierung im Strommarkt, optimierende Energiesystemmodelle und makroökonomische Modelle der gesamten Volkswirtschaft. Darüber hinaus werden agentenbasierte Modelle zum Akteursverhalten auf dem Strommarkt, Agentenmodelle zur Simulation der Verkehrsnachfrage und zur Simulation der Marktdurchdringung neuer Fahrzeugkonzepte eingesetzt. Weiter sind im Konsortium Modelle zur detaillierten Simulation der Energienachfrage, ein Atmosphärenchemie- und Klimamodell, ein Integrated Assessment Modell, ein partielles Gleichgewichtsmodell für den Agrarsektor, ein Modell zur Prognose des Wärmebedarfs und ein „Dialogtool Energiewende“ vertreten. Einen Überblick über alle Modelle zeigt Tabelle 1 im Anhang.

Nach der Ersterhebung wurden die gesammelten Informationen zu den Modellen analysiert und in Form von **zweidimensionalen**

**Graphen** aufbereitet. Die Abbildungen stellen jeweils zwei Vergleichsperspektiven für die verschiedenen Modelle gegenüber. Ziel dieser Darstellung ist es zu illustrieren, welche Aspekte in welcher Bandbreite mit den Modellen betrachtet werden können. Für die 2D-Graphen wurden folgende Kategorie-Kombinationen erstellt: räumliches Untersuchungsgebiet vs. zeitlicher Betrachtungshorizont, Systemperspektive vs. Themenfelder, sektorale Abdeckung vs. zeitlicher Betrachtungshorizont und sektorale Abdeckung vs. räumliches Untersuchungsgebiet. Abbildung 1 zeigt beispielhaft einen solchen 2D-Graphen für die Gegenüberstellung von räumlichem Untersuchungsgebiet und zeitlichem Betrachtungshorizont. Die Abbildung zeigt eine klare Häufung der Modelle für einen längerfristigen Betrachtungshorizont ( $\approx 50$  Jahre). Außerdem zeigt sich, dass die Modelle hauptsächlich auf überregionaler Ebene angesiedelt sind und somit



nur begrenzt Analysen auf lokaler bzw. regionaler Ebene durchgeführt werden können. Allerdings gibt es einige Modelle, die in der Betrachtung der räumlichen Untersuchungsgebiete flexibel sind. Die Einordnung dieser Modelle auf die Achsen erfolgt bzgl. der „größtmöglichen“ Ebene; durch farbige Kreise die Flexibilität spezifiziert (gelb: Deutschland bis Welt, rot: beliebig/unterschiedlich).

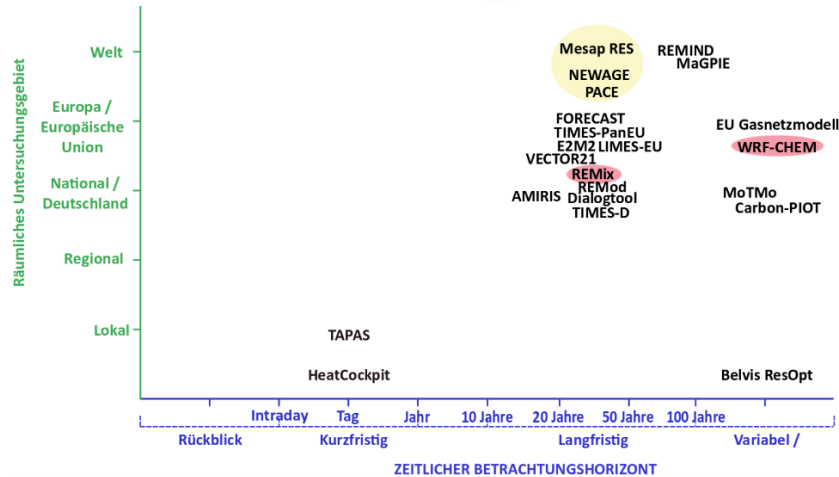


Abbildung 1: Räumlich-zeitliche Abdeckung der im ENavi Konsortium verwendeten Modelle

## Methoden in ENavi

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nutzen in ENavi für ihre Forschung verschiedene theoretische und methodische Zugänge, die sowohl aus qualitativen als auch (semi)quantitativen Ansätzen bestehen. Hierzu kommen sehr unterschiedliche **partizipative, theoriegeleitete und empirische Forschungsdesigns** und damit verbundene Erhebungsmethoden (z.B. quantitative Befragungen oder Interviews) und Auswertungsverfahren zum Einsatz, die im zweiten Teil der ENavi-Inventur überblicksartig erfasst werden.

Der nachfolgende Abschnitt gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Vielfalt der in ENavi eingesetzten Methoden, illustriert anhand von ausgewählten Anwendungsbeispielen. Eine ausführliche Beschreibung der Methoden sowie methodenspezifische Darstellung der jeweiligen Untersuchungsgegenstände und Forschungsfragen in ENavi findet sich in den jeweiligen Steckbriefen, die zum Download bereit stehen.

Auf **Partizipation ausgelegte Methoden** spielen im Projekt ENavi eine zentrale Rolle. Hierbei kommen unterschiedliche Ansätze zur Anwendung, die von *Reallaboren* über den Einsatz von *Gruppendelphis* bis hin zu Formaten wie *diskursiver Projektarbeit* reichen. Diskursive Projektarbeit wird bspw. genutzt, um im Rahmen eines organisierten Kommunikationsprozesses in einer Gruppe Kontroversen zu identifizieren und gemeinsam zu bearbeiten. Das Gruppendelphi hingegen kommt bspw. als strukturierte Diskursmöglichkeit zum Design und zur Bewertung von Maßnahmenbündeln zum Einsatz. Die *Reallabor-Forschung* wird

im Projekt ENavi in einem eigenständigen Arbeitspaket (AP 13) gebündelt.

Andere Forschungsaktivitäten in ENavi basieren methodisch auf **theorieorientierten Verfahren und Heuristiken**. Hier wird in ENavi bspw. die *soziotechnische Transitionsanalyse* als sozialwissenschaftlich-systemtheoretischer Ansatz um kultursoziologische und kommunikationswissenschaftliche Aspekte ergänzt. Weitere Arbeiten in diesem Kontext fokussieren auf Akteure als Change Agents mit Blick auf Diffusionsprozesse von Batteriespeichern. Mittels *institutionenökonomischer Untersuchungsansätze* werden u.a. Grundsatzfragen des gekoppelten Sektor- und Marktdesigns im föderalen System oder auch Fragen der Sektorkopplung im Bereich Energie-Verkehr-Wohnen analysiert. Diese werden auch mit rechtlichen Analysen kombiniert (*Rechtsauslegung, Rechtsfortbildung, Rechtsvergleichung*).

Zur **Datenerhebung** werden sowohl **quantitative** als auch **qualitative Verfahren** verwendet. Die angewendeten Methoden reichen von der *Dokumentenanalyse*, über *Experteninterviews* bis hin zu *quantitativen* bzw. *qualitativen, schriftlichen Befragungen*. Basierend auf einer *Literaturanalyse* werden bspw. auf Basis von 227 Veröffentlichungen akzeptanzrelevante Faktoren bei Energieprojekten sowie Projektphasenabhängigkeit von Kommunikations- und Partizipationsmaßnahmen analysiert. Daneben werden zahlreiche weitere literaturbasierte Teilstudien durchgeführt: eine Analyse der Europäischen Energie- &



Klimapolitik 2021-2030, die Treiber und Bremser in der EU-Energiepolitik in EU-Kommission, EU-Parlament und auf Ebene der Mitgliedstaaten analysiert. Darüber hinaus werden bspw. *problemzentrierte Interviews* für die Erörterung von individuellen Erfahrungen, u.a. am Beispiel von lokalen bzw. regionalen Konfliktkonstellationen um Erneuerbare-Energieprojekte und Stromübertragungsvorhaben, genutzt. Zusätzlich werden mehrere *Discrete Choice Experimente* zu Determinanten energierelevanter Investitionsentscheidungen oder zu Bürgerpräferenzen für Versorgungssicherheit und Netzausbau durchgeführt.

Für die **Datenauswertung** kommen **(semi)quantitative** und **qualitative Methoden** zum Einsatz. Im Bereich der quantitativen Daten werden bspw. *Scoring-Modelle* zur relativen Technologiebewertung verwendet. Darüber hinaus analysieren Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler u.a. auf Basis von *(Panel-) Regressionsmodellen* den Zusammenhang zwischen Innovationen und Unternehmenscharakteristika in der Solar- und Windbranche. Hinsichtlich der qualitativen Analyseverfahren werden im ENavi-Konsortium u.a. die *Grounded Theory* oder auch die *Diskursnetzwerkanalyse* verwendet. Die Grounded Theory bietet die Möglichkeit, Hypothesen explorativ zu entwickeln und die individuelle Interpretation und Bewertung von Interaktionen zu untersuchen. Basierend auf Interviews mit Stakeholdern und Praxispartnern liegt der Fokus in ENavi auf einem interpretativem und rekonstruktivem Erklären und Verstehen eines neuartigen, bislang wenig erforschten Feldes (transdisziplinärer Diskurs). Mit der Diskursnetzwerkanalyse werden anhand von lokalen bzw. regionalen Konfliktkonstellationen um Erneuerbare-Energieprojekte und Stromübertragungsvorhaben die Relationen von Akteuren über eine linguistische Analyse untersucht.

*Tabelle 1: Tabellarische Übersicht in ENavi verwendeter Methoden*

METHODE <sup>5</sup>	Qualitativ	Quantitativ
Interviews & Dokumentenanalyse	X	
Demokratiethoretische Ansätze	X	
Rechtsauslegung	X	
Rechtsfortbildung	X	
Rechtsvergleichung	X	
Discrete-Choice Experimente		X
Soziotechnische Transitionsanalyse	X	
Befragung Energieunternehmen	X	X
Campell-Paradigma		X
Diskursnetzwerkanalyse	X	X
Institutionenökonomie	X	
Gruppendelphi	X	X
Patentanalyse		X
Regressionsanalyse		X
Scoring-Modell	X	X
Dialogtool		X
Multi-Level-Perspektive	X	
Diskursive Projektarbeit	X	
Grounded Theory	X	
ISOE-Modell Transdisziplinarität	X	
Qualitative schriftliche Befragung	X	
Stakeholderanalyse	X	
Stakeholder Empowerment Tools	X	X
Reallabor	X	
Hierarchische lineare Modelle		X
Mehrebenenanalyse		X

Wie Tabelle 1 und der vorherige Abschnitt zu Modellen verdeutlichen, kommen in ENavi quantitative, qualitative und semi-quantitative Forschungsmethoden gleichberechtigt zur Anwendung. Insbesondere auf der Ebene der Schwerpunktthemen werden diese mit Blick auf die drei Untersuchungsgegenstände Strom, Wärme und Mobilität im Sinne eines Mosaiks zusammengeführt.

<sup>5</sup> Es wurden teilweise methodisch deckungsgleiche Forschungszugänge mit unterschiedlichen Untersuchungsgegenständen eingereicht, die in

dieser Tabelle (im Unterschied zur Tabelle im Anhang) inhaltlich zusammengefasst wurden. Methodenbeschreibung wurde teilweise in der Tabelle gekürzt (für Langfassung vgl. Steckbriefe).



## Interventionen in ENavi

Im gesamten ENavi Konsortium wurden 46 Interventionen benannt, die innerhalb der ersten Förderphase beforscht werden. Meistens handelt es sich dabei um einzelne Maßnahmen, die in einem oder verschiedenen Bereichen eingesetzt werden, um eine bestimmte Wirkung zu erzielen: Beispielsweise sollen verpflichtende Quoten von Fahrzeugen mit Elektroantrieb (im Angebot der Fahrzeughersteller) den Anteil von Elektromobilität am Straßenverkehr erhöhen. Es wurden aber auch ganze Interventionspakete benannt, die ein bestimmtes Ziel verfolgen, aber die Einzelinterventionen nicht konkret ausweisen. Ein Beispiel dafür ist die Fernwärmeschiene Rhein-Ruhr, welche verschiedenste Interventionen zur Erhöhung der Siedlungs- und industriellen KWK in NRW prüft. Die Sinnhaftigkeit und die Effektivität der Einzelinterventionen aus dem Paket zu beforschen ist Ziel dieses Projekts. Trotz des mit 52 Einzelinterventionen hohen Rücklaufs ist davon auszugehen, dass die Inventur die Zahl aller in ENavi beforschten Interventionen eher unterschätzt: Insofern ENavi aktuelle energiepolitische Entwicklungen berücksichtigt, erhöht sich die Gesamtzahl tatsächlich analysierter Interventionen im Projektverlauf.

Nach der Ersterhebung wurden die gesammelten Informationen zu den Interventionen analysiert und mit verschiedenen Methoden ausgewertet. Zum einen wurden die Daten durch **Häufigkeitsanalysen** aufbereitet, um die Verteilung der Interventionen auf die verschiedenen Sektoren (Wärme, Mobilität, Strom), Adressaten (Haushalte, Industrie, Gewerbe, Öffentlicher Sektor) und Typen (Anreize, Zwang, Information, Prozessänderung) darzustellen. Zum anderen wurden die **Inhalte/Themen der Interventionen** analysiert und aufbereitet. Der nachfolgende Abschnitt fasst erste quantitative Ergebnisse aus der Inventur zusammen, illustriert anhand von ausgewählten Anwendungsbeispielen. Eine ausführliche Beschreibung der Interventionen und Hinweise auf weiterführende Literatur wird sich in den jeweiligen Steckbriefen finden (für ein Beispiel vgl. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** im Anhang).

Die meisten Interventionen adressieren den Stromsektor als alleinigen Adressat oder in Kombination mit anderen. Die größte Gruppe bilden die „Allrounder“, welche eher generellere Interventionsarten umfassen, die potentiell in allen Sektoren eingesetzt werden können, aber keinen Sektor spezifisch ansprechen (etwa die Intervention *unkonventionelle Formen politischer Beteiligung*). Anders ist dies bei der Kopplung von z.B. Strom und

Wärme, den am häufigsten als Paar analysierten Sektoren. Dabei zielen einige Interventionen explizit auf den Ausbau der Sektorkopplung. Auch bei der gemeinsamen Nennung von Strom und Mobilität handelt sich meist um Interventionen zur Sektorkopplung, etwa bei *Netztintegration – gesteuertes Laden*, welche die Optimierung der Ladezeiten von Elektroautos im Sinne der Netzstabilität fördern soll.

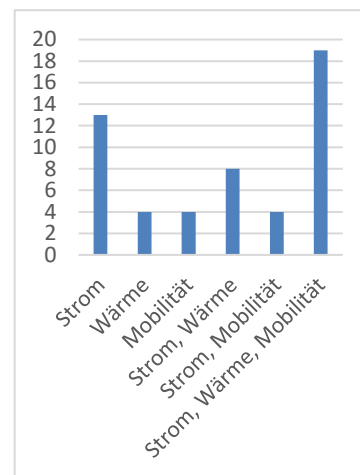


Abbildung 2: Verteilung auf Sektoren

Die Anzahl an Interventionen, die nur auf einem Typ oder mehreren Typen basieren ist relativ ausgeglichen. Der häufigste Interventionstyp ist **Anreize**. Diese sind alle auf der Makro-Ebene angesiedelt und sprechen mehrere Sektoren und/oder mehrere Adressaten an. Beispiele hierfür sind *Netznutzungsentgelte*, *Steuerbare Verbrauchseinrichtungen nach §14a EnWG* oder *Investitionszuschüsse*. Auffällig ist, dass die wenigsten Interventionen ausschließlich auf **Information/Überzeugung** basieren, wie beispielsweise *Nudging*. In 20 der 52 Interventionen steht Information/Überzeugung allerdings in Kombination mit anderen Interventionstypen. Interventionen mit dem Einzeltyp **Zwang** sind alle auf der Makroebene angesiedelt und sprechen, mit Ausnahme der *Windenergieabgabe* mehrere Sektoren und/oder Adressaten an; so etwa die *Sektoralen Emissionsminderungsziele* des Klimaschutzplans der Bundesregierung. Im Gegensatz zum Typus Zwang beziehen sich ausschließlich auf **Prozessänderung** basierende Interventionen meist nur auf einen Sektor und einen Adressaten, z.B. *Neuordnung der Aufgabenverteilung zwischen ÜNB und VNB* (Strom – Industrie) oder *Aktive Wahl von Ökostrom* (Strom – Haushalte).

Auch bei der Verteilung der Interventionen auf die Adressaten wird deutlich, dass viele der Interventionen sowohl an mehrere Adressaten als auch mehrere Sektoren gerichtet sind. Dabei handelt es sich z.B. um die *CO<sub>2</sub>-Steuer*, *Zertifikate für regionalen*



Grünstrom oder aber auch den Anreiz zu netz- und marktdienlichem Strombezug. Ein anderer Grund für die Mehrfachnennung von Sektoren, Adressaten und Typen ist die Anwendung eines gesamten Packages, wie z.B. im Falle von *InnovationCity Ruhr*. Sind Interventionen nur an einen Adressaten gerichtet, werden diese auch in den meisten Fällen nur in einem Sektor eingesetzt. So betreffen Interventionen an die **Industrie** meist den Stromsektor (z.B. *Kohleausstieg* oder *Windenergieabgabe*); bei den **Haushalten** werden alle drei Sektoren, vorrangig aber Strom und Wärme fokussiert (z.B. *EWärmeG* oder *Smart Meter Webportal*). Interventionen den **öffentlichen Sektor** betreffend sprechen wiederum meist aber mehrere Sektoren an (z.B. *Landschaftsschutz-Ziele* allen drei Sektoren).

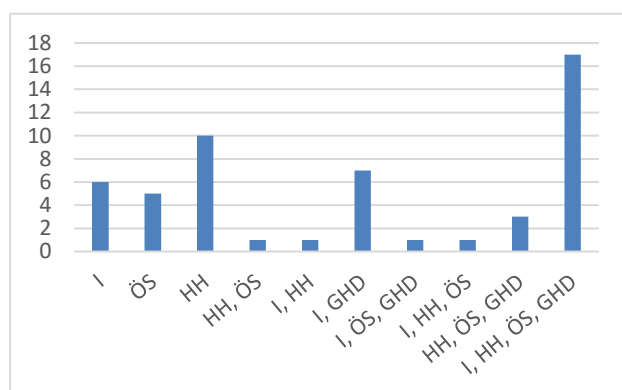


Abbildung 3: Verteilung auf Adressaten: Industrie (I), Öffentlicher Sektor (ÖS), Haushalte (HH) und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)

Qualitativ spiegeln sich sehr verschiedene Themen in den Interventionen wieder. So wird z.B. der **Zubau von Erneuerbaren Energien** durch verschiedene Interventionen entweder direkt über die „Produktionsseite“, also Gesetze oder „Akquise“ neuer Akteure (z.B. *EEG-Novelle 2017*) oder indirekt über die „Nachfrageseite“ gefördert (z.B. *Grüne Defaults*), durch andere Interventionen aber wiederum eingeschränkt (z.B. *Landschaftsschutz-Ziele*). Die **Reduktion des Stromverbrauchs** steht im Zentrum von unterschiedlichen (und komplementären) Interventionen, die auf Verhaltensänderung bei Haushalten ausgerichtet sind. Diese umfassen einerseits die Installation von *Smart Metern* als technischer Infrastruktur, andererseits *Nudging* als Intervention zur „externen Bewusstseinsbildung“ bezüglich des Stromverbrauchs im Haushalt. Interventionen zur Förderung von **Elektromobilität**, etwa *Investitionszuschüsse* oder *Anreize*, *Elektroautos*

mit Strom aus Erneuerbaren Energien zu laden, zeigen sich erwartungsgemäß als Haupttrend bei denjenigen Interventionen, die sowohl die Sektoren Strom als auch Mobilität betreffen. Bei den Interventionen im **Wärmesektor** können zwei Schwerpunkte ausgemacht werden: erstens werden rechtliche und politische Aspekte der Förderung von Wärme aus Erneuerbaren Energien adressiert; zweitens geht es um die Frage, wie der Umstieg auf Erneuerbare Wärme finanziell angereizt werden kann – gerade auch in Bereichen wie Mietwohnungen/niedrige Einkommen. Was den Interventions-typ betrifft, so beruhen alle Interventionen die nur im Wärmesektor Anwendungen finden, auf hybriden Maßnahmen, die Zwang beinhalten.

Die Inventur hat darüber hinaus gezeigt, dass eine Intervention – je nach Betrachtungsebene – sowohl als Einzelmaßnahme als auch als ganzes Maßnahmenbündel gelten kann. So wurde etwa der *Kohleausstieg* als Intervention genannt, die die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Stromsektors im Einklang mit den Klimaschutzziele reduzieren soll. Gleichzeitig stellt aber der Kohleausstieg selbst ein Ziel dar, welches über verschiedene Interventionsbündel angesteuert werden kann (siehe den ENavi-Bericht zur Transformation des Stromsektors). Mögliche Bestandteile dieser Bündel, wie etwa eine CO<sub>2</sub>-Steuer oder eine Reform des EU Emissionshandels, wurden wiederum im Rahmen der Inventur als Einzelinterventionen genannt.

Die Ergebnisse der Inventur spiegeln in gewisser Weise auch aktuelle Debatten rund um die Energiewende wieder. Folgende Interpretationen, gegliedert nach den zur Inventur verwendeten Hauptkategorien Sektor/Adressat/Typ einer Intervention, scheinen nahe zu liegen:

- **Sektor:** Während die Transformation des Stromsektors schon vergleichsweise weit fortgeschritten ist, verzeichnen die Sektoren Wärme und Verkehr bislang keine tiefgreifenden Veränderungen. So überrascht es nicht, dass auch die meisten der auf einen Sektor fokussierenden Interventionen im Stromsektor liegen. Andererseits deuten sich prospektiv Interventionsschwerpunkte bei der Sektorkopplung an, sowohl was die E-Mobilität als auch was die Kopplung von Strom und Wärme betrifft.
- **Adressat:** Haushalte stellen einen Interventionsschwerpunkt dar; dies könnte die Debatte um die „Privatisierung der Nachhaltigkeit“ widerspiegeln, also die Frage, wieviel Verantwortung für die Transformation zur Nachhaltigkeit



dem einzelnen Individuum auferlegt werden sollte (oder gerade nicht). Um Verhalten als zentrale Determinante des Energieverbrauchs in allen Sektoren analysieren zu können, ist eine Fokussierung auf Haushalte freilich für die Forschung naheliegend. Ob die Dominanz der Interventionen, die auf Haushalte abzielen, ihnen auch einen höheren Anteil an den in Zuge der Energiewende benötigten Einsparungen auferlegen, kann erst nach den modellgestützten Analysen beantwortet werden.

- *Typ*: Die Inventur deutet darauf hin, dass Information/Überzeugung alleine keine effektive Intervention darstellt: Information liefert zumeist eine Komponente von hybriden Interventionen, inklusive Anreizen und/oder Zwang. Gerade im Wärmesektor scheint Zwang ein notwendiger Bestandteil von effektiven Interventionen zu sein (siehe etwa das Vermieter/Mieter Anreizdilemma). Vor diesem Hintergrund werden in ENavi etwa auch die Potentiale des jüngst vieldiskutierten *Nudgings* untersucht – als Versuch, einen Mittelweg zwischen hartem Zwang und zu weichen, ineffektiven Interventionen zu finden.

#### 4. Ausblick

Innerhalb der drei Inventur-Bereiche sind die folgenden, weitergehenden Analysen geplant:

- **Modell-Inventur**: Mit Blick auf die operative Auswertung der Ergebnisse ist zusätzlich eine dritte Stufe der Modell-Inventur geplant, in der auf systematische Art und Weise Stärken und Schwächen einzelner Modelle ermittelt werden. Dabei sollen deren exogen vorzugebenden Inputdaten und endogen bestimmbar GröÙen analysiert werden, um einen systematischen Ansatz zu ermitteln, wie welche Modelle zur Beantwortung einer ganz bestimmten Fragestellung (z.B. „Welche Auswirkung haben alternative Kraftstoffe und Antriebe auf den Verkehrs-, den Stromsektor und das Energiesystem?) miteinander gekoppelt werden könnten.
- **Methoden-Inventur**: Die derzeitige Datenbasis der Methoden-Inventur soll zukünftig im Kontext des Schwerpunktthemas 3 „Mobilität“ eingesetzt werden. Ziel ist es, für die Folgenabschätzung der Maßnahmenbündel (Policy Packages) eine systematische Analyse der Abdeckung von methodischen Zugängen innerhalb von ENavi zu erstellen. Auf dieser Basis können dann auch mögliche Lücken identifiziert und adressiert werden. In einem zweiten Schritt können dann Ergebnisse auf Basis von qualitativen und quantitativen Methoden zu möglichen intendierten (und nicht intendierten) Folgen der Maßnahmenbündel mosaikartig zusammengeführt werden.
- **Interventionen-Inventur**: Im Bereich der Interventionen-Inventur stehen nach einer ersten, deskriptiven Auswertung

nachfolgend stärker auf die Inhalte fokussierte Auswertungen an. Diese beinhalten die systematische Suche nach Interventionslücken; also nach Bereichen des Energiesystems mit Einsparpotential, die von den bisher in ENavi beforschten Interventionen nicht adressiert werden. Weiterhin werden die kommenden Analysen die in den Fragebögen angegebenen äquivalenten Interventionen, die dort genannten Wechselwirkungen zwischen den Interventionen und deren Legitimität und Resilienz fokussieren.

Darüber hinaus werden ausgewählte Ergebnisse der ENavi-Inventur Kopernikus-übergreifend innerhalb eines Workshops vorgestellt und diskutiert werden. Für diesen Workshop sind die Planungen bereits weit fortgeschritten.



## Anhang

Tabelle 2: Übersicht der ENavi-Inventur

MODELLE		METHODEN	INTERVENTIONEN
Modell	Methodik		
ABM ZSW	ABM	Campell-Paradigma	Anreiz zum netz- und marktdienlichen Strombezug
AMIRIS	ABM	Choice-based conjoint analysis mit begleitenden Fragebögen	Ausbau Hochspannung-Gleichstrom-Übertragungsnetz
Carbon PIOT	IOM	Cross-Impact-Bilanzanalyse	Begriffsfestlegung „Sektorenkopplung“
Dialogtool (IDEA)	Lin. Opt.	Discrete Choice Experimente integriert in eine Onlinebefragung	City Maut
E2M2	Lin. Opt.	Discrete-Choice Experiment	Clean Energy Package
Enertile	Lin. Opt.	Diskursive Projektarbeit	CO2-Steuer
Forecast	Simulation	Emprisch-analytische Dateenauswertung auf Basis demokratietheoretischer Ansätze	Definition Erneuerbare Wärme
Gasnetzmodell	Simulation	Experteninterviews & Dokumentenanalyse	Demand Side Management: §14a EnWG zu steuerbaren Verbrauchseinrichtungen
Heat Cockpit	Prognose	Experteninterviews & Dokumentenanalyse	EEG
LIMES	Lin. Opt.	Experteninterviews & Dokumentanalyse	Einfluss energiepolitischer Entscheidungen anderer Länder
MAGPIE	PE	Grounded Theory	Einsatz grüner Defaults
MESAP RES Deutschland	Simulation	Gruppen-Delphi	EU-ETS (NEWAGE)
MoTMo	ABM	Institutionsökonomie	EU-ETS (TIMES)
NEWAGE	CGE	ISOE-Modell Transdisziplinarität	EWärmeG
PACE	CGE	Literaturstudie	F&E Förderung
REMIND	IAM	Multi-Level-Perspective	Fernwärmeschiene Rhein-Ruhr
REMix	Lin. Opt.	Panel-Regressionenmethoden	Grünstromladen
REMod	Stoch. Opt.	Patentanalyse	InnovationCity Ruhr
ResOpt	Lin. Opt.	Problemzentrierte Interviews, Dokumentenanalyse und Diskursnetzwerkanalyse	Investitionszuschüsse
SO EASY DEX	ABM	Qualitative schriftliche Befragung	Klimaneutrale Landesverwaltung NRW
TAPAS	Simulation	Quantitative und qualitative Befragung von Energieunternehmen mit grünem Default	Klimaschutzplan NRW
TIMES	Lin. Opt.	Reallabor	Kohleausstieg
VECTOR21	ABM	Rechtsauslegung	KWK Impulsprogramm NRW
WRF-Chem	Klimamodell	Rechtsfortbildung	Landschaftsschutzziele
		Rechtsvergleichung	Logistikzentren
		Regressionsanalyse	Netzintegration: gesteuertes Laden
		Scoring-Modell	NRW Windenergieatlas
		Soziotechnische Transitionsanalyse	Nudging
		Stakeholder Empowerment Tools	Öko-Design-Richtlinie
		Stakeholderanalyse nach Mitchell et al.	Operation Center auf Verteilsnetzebene
			Quotenregelung im Mobilitätssektor
			Realexperiment
			Rechtliche Lösungen für die Finanzierung von Dekarbonisierungsmaßnahmen bei niedrigen Einkommen
			Regulierung der Wärmenetze
			Sektorale Emissionsminderungsziele (TIMES)
			Sektorale Emissionsminderungsziele in Dtl. (NEWAGE)
			Sektorübergreifende Emissionsminderungsziele in Dtl. (NEWAGE)

			Smart Meter Webportal
			Strompreise
			technologieoffene Herstellerquote
			technologiespezifische Herstellerquote
			Umweltwirtschaftsstrategie
			Unkonventionelle politische Beteiligung der BürgerInnen in der Energiewende
			Windenergieabgabe
			Wohnraumförderungsprogramm NRW
			Zertifikate für regionalen Grünstrom