

## **Merit Order Netz-Ausbau 2030**

---

### **Teil 1: Szenario-Analyse – Kurzbericht**



# **Merit Order Netz-Ausbau 2030**

---

## **Teil 1: Szenario-Analyse – Kurzbericht**

**FfE-Auftragsnummer:**

**BMWi-33**

**Projektleitung:**

**Florian Samweber  
Simon Köppl**

**Autoren:**

**Anika Regett  
Andreas Zeiselmair  
Kristin Wachinger  
Christoph Heller**

**Fertigstellung:**

**März 2017**

**Impressum:**

Kurzbericht  
der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.  
(FfE)

*zum Projekt:*

Merit Order der Netz-Ausbau 2030 (MONA  
2030)

Teil 1: Szenario-Analyse

*Auftraggeber:*

Bundesministerium für Wirtschaft und  
Technologie (BMWi)

Amprion GmbH  
BMW Bayerische Motorenwerke GmbH  
bnNETZE GmbH  
EWE Aktiengesellschaft  
Harz Energie Netz GmbH  
inetz GmbH  
Main-Donau Netzgesellschaft mbH  
Netzgesellschaft Düsseldorf mbH  
Österreichs E-Wirtschaft  
Stadtwerke Augsburg Energie GmbH  
Stadtwerke Energie Jena-Pößneck GmbH  
SWM Infrastruktur GmbH  
Stadtwerke Wiesbaden Netz GmbH  
TenneT TSO GmbH  
Thüga AG  
TINETZ-Stromnetz Tirol AG

**Kontakt:**

Am Blütenanger 71  
80995 München  
Tel.: +49 (0) 89 158121-0  
Fax: +49 (0) 89 158121-10  
E-Mail: [info@ffe.de](mailto:info@ffe.de)  
Internet: [www.ffe.de](http://www.ffe.de)

**Wissenschaftlicher Leiter:**

Prof. Dr.-Ing. U. Wagner

**Geschäftsführer:**

Prof. Dr.-Ing. W. Mauch

**Projekt-Manager:**

Dr.-Ing. Dipl.-Phys. R. Corradini

---

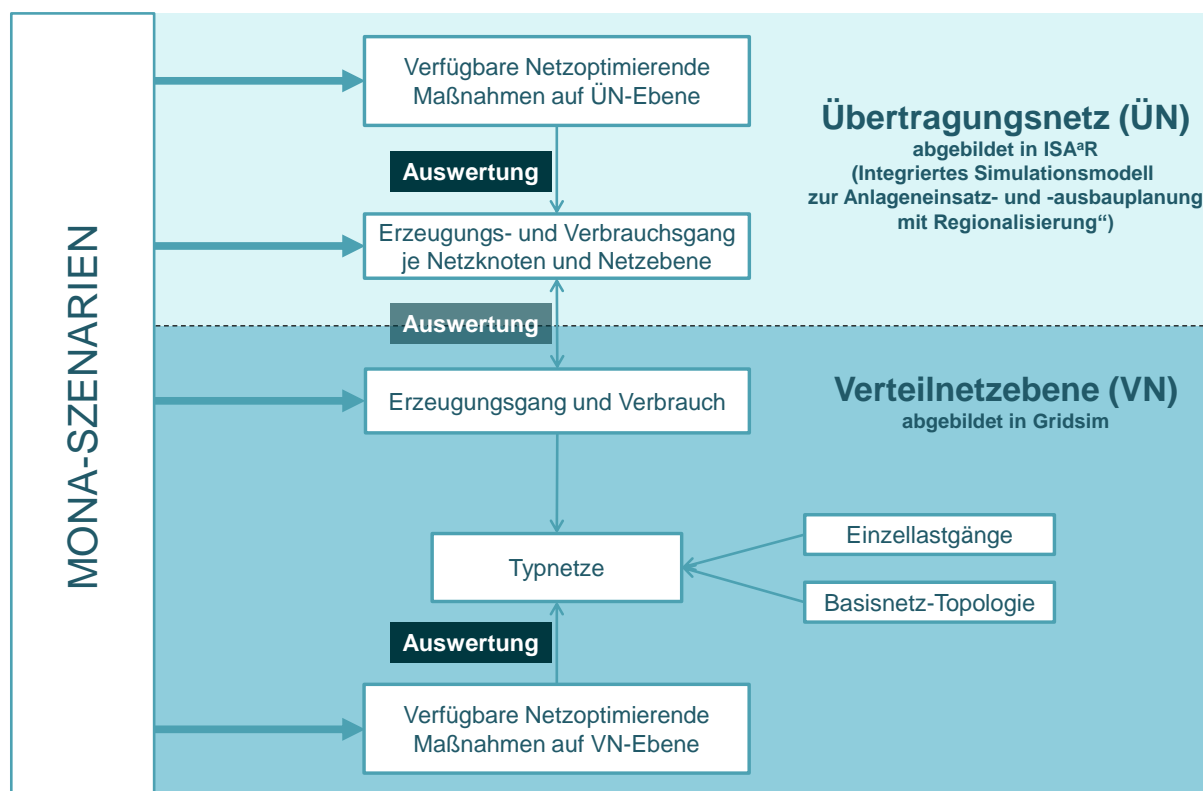
## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einsatz von Szenarien in MONA 2030 .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Methodisches Vorgehen.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>MONA-Szenarien .....</b>	<b>5</b>
3.1.1	Referenz-Szenario .....	5
3.1.2	Zentrales Szenario .....	6
3.1.3	Verteilnetz-Szenario .....	7
3.1.4	Proumenten-Szenario.....	8
3.1.5	Konservatives Szenario.....	9
3.1.6	Gegenüberstellung .....	10
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>14</b>



# 1 Einsatz von Szenarien in MONA 2030

Innerhalb des Projektes MONA 2030 setzen die Szenarien die Rahmenbedingungen für den Einsatz und den Vergleich von Netzoptimierenden Maßnahmen (NoM) im Übertragungs- (ÜN) und Verteilnetz (VN). Wie in **Abbildung 1-1** dargestellt, bilden die Szenarien übergeordnete Randbedingungen, wie z. B. die Verfügbarkeit von NoM auf ÜN- und VN-Ebene, sowie eine Vielzahl an verbrauchs- und erzeugungsrelevanten Faktoren ab. Die MONA-Szenarien stellen somit die Grundlage für die Bestimmung der Einsatzreihenfolge von NoM unter wechselnden Rahmenbedingungen dar.

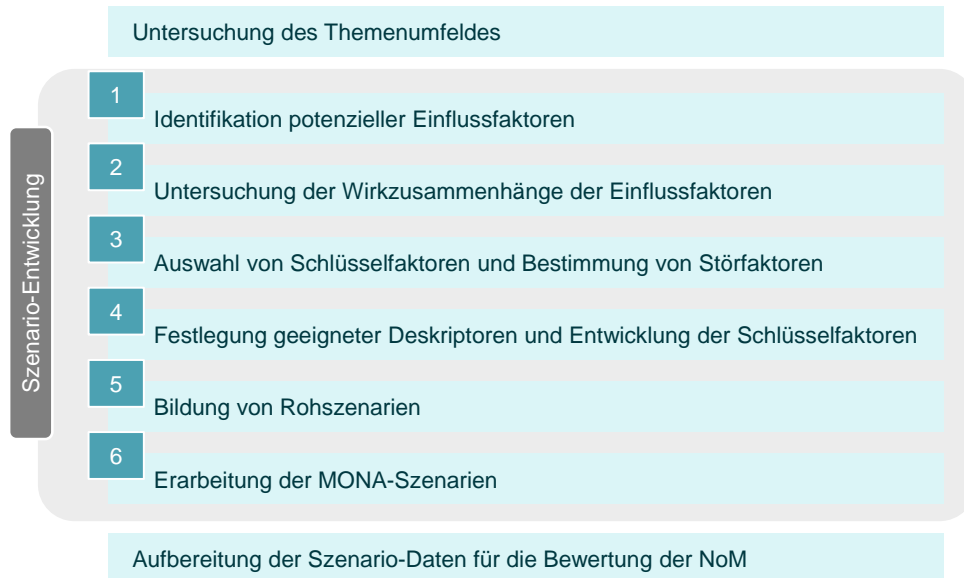


**Abbildung 1-1:** Einfluss der MONA-Szenarien auf die Bewertung Netzoptimierender Maßnahmen

Da den Szenarien folglich eine entscheidende Rolle für die Maßnahmenbewertung zukommt, basierte die Festlegung der Szenarien nicht auf der Analyse und Adaption bereits existierender Szenarien, sondern es wurden in Kooperation mit den beteiligten Projektpartnern mithilfe eines systematischen Ansatzes konsistente und transparente MONA-Szenarien entwickelt.

## 2 Methodisches Vorgehen

Die wesentlichen Phasen, die im Zuge der Entwicklung der MONA-Szenarien durchlaufen wurden, sind in **Abbildung 2-1** dargestellt (siehe auch /FFE-48 15<sup>1</sup>).



**Abbildung 2-1:** *Phasen der Szenario-Entwicklung in MONA*

### Phase 1: Identifikation potenzieller Einflussfaktoren

Aufbauend auf einer Untersuchung des Themenfeldes wurde analysiert, welche potenziellen Einflussfaktoren auf das untersuchte System wirken. Die Identifikation der Einflussfaktoren erfolgte über eine Metastudie bestehender Energie- und Netzszenarien sowie die Erhebung von Expertenmeinungen. Das Resultat der ersten Phase ist eine Übersicht der Einflussfaktoren unterteilt in soziale/ökologische Faktoren, technische Faktoren, ökonomische Faktoren und politische Faktoren.

### Phase 2: Untersuchung der Wirkzusammenhänge der Einflussfaktoren

Die Untersuchung der Wirkzusammenhänge der einzelnen Einflussfaktoren erfolgte mithilfe einer Einflussmatrix, die eine systematische Überprüfung des Einflusses eines jeden Faktors auf die anderen Faktoren ermöglicht. In diese Analyse wurden die am Projekt beteiligten Projektpartner direkt einbezogen. Das Ergebnis ist eine Kategorisierung der Einflussfaktoren in puffernde, aktive, ambivalente und reaktive Faktoren. Für die ambivalenten Faktoren, die durch ihre starke Vernetzung Veränderungen im System maßgeblich verstärken können, wurde anschließend mithilfe von Netzdiagrammen eine Interaktionsprüfung durchgeführt.

<sup>1</sup> Regett, A.; Wachinger, K.; Zeiselmaier, A.: Schlüsselfaktoren für den Einsatz netzoptimierender Maßnahmen - Zwischen Transparenz und Komplexität in: BWK Ausgabe 12/2015, S. 48-50. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure (VDI), 2015



### **Phase 3: Auswahl von Schlüsselfaktoren und Bestimmung von Störfaktoren**

Aus den zuvor identifizierten potenziellen Einflussfaktoren wurden in dieser Phase die relevanten Schlüsselfaktoren ausgewählt, die in den MONA-Szenarien Berücksichtigung finden. Diese wurden gemäß ihrer Abbildung in den Szenarien strukturiert. Die Auswahl und Kategorisierung der Schlüsselfaktoren basierte auf der vorhergehenden Untersuchung der Wirkzusammenhänge. Zudem wurden mögliche Störfaktoren bestimmt. Dies sind Faktoren mit geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten, die aber einen erheblichem Einfluss auf das System haben und zu Trendbrüchen führen können.

### **Phase 4: Festlegung geeigneter Deskriptoren und Entwicklung der Schlüsselfaktoren**

Die Festlegung geeigneter Deskriptoren und die Entwicklung der Schlüsselfaktoren basieren auf der Metastudie, der Untersuchung der Wirkzusammenhänge, einer durchgeführten Umfrage zur Energiezukunft sowie Diskussionsrunden mit den Industriepartnern. Für jeden der identifizierten Schlüsselfaktoren wurden zunächst Deskriptoren festgelegt, welche die Übersetzung der Schlüsselfaktoren in quantitative und qualitative Kenngrößen darstellen. Für alle Deskriptoren wurde sowohl der Ist-Zustand als auch die zukünftige Entwicklung bis zum Jahr 2030 festgeschrieben. Dabei erfolgte eine weitere Unterscheidung in Deskriptoren, deren Fortschreibung aus heutiger Sicht gut vorhersehbar ist (unkritische Deskriptoren), und Deskriptoren, die verschiedene Richtungen der Fortschreibung im Sinne von alternativen Entwicklungen annehmen können (kritische Deskriptoren). Für beide Arten der Deskriptoren wurden die Entwicklungen festgelegt. In die anschließende Phase der Bildung von Rohszenarien fließen nur die kritischen Deskriptoren mit ein. Die unkritischen Deskriptoren, die jeweils durch nur einen Entwicklungspfad definiert sind, werden erst in Phase 6 der Szenario-Entwicklung wieder einbezogen.

### **Phase 5: Bildung von Rohszenarien**

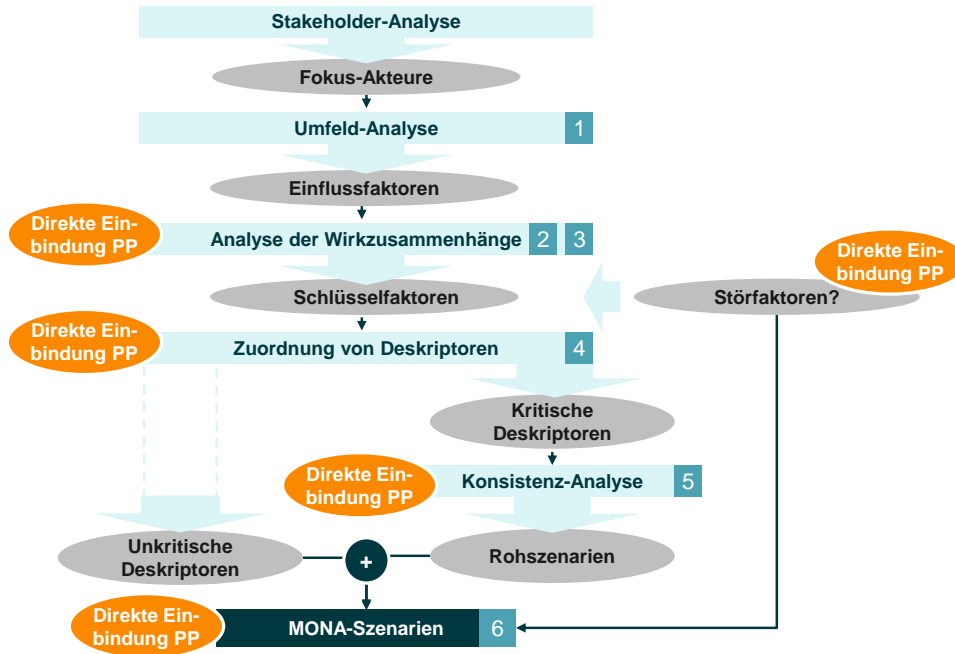
Ein Rohszenario repräsentiert ein Feld von Ausprägungen einzelner kritischer Deskriptoren, die zueinander stimmig sind. Für die Zusammenstellung konsistenter Ausprägungsbündel kann auf eine Konsistenzmatrix zurückgegriffen werden. Dabei erfolgt eine Bewertung der Stimmigkeit der einzelnen Ausprägungen unter der Leitfrage „Welche Entwicklungen können aufeinander treffen, welche widersprechen sich?“. Die Auswahl konsistenter Ausprägungsbündel erfolgte computergestützt und lieferte eine Vielzahl an Möglichkeiten. Aus diesen Möglichkeiten wurden fünf Bündel ausgewählt, welche die Rohszenarien repräsentieren. Dabei wurde der Grundsatz verfolgt, eine größtmögliche Konsistenz eines Bündels bei einer größtmöglichen Unterschiedlichkeit zu den anderen Bündeln zu erhalten. Die Auswahl der Rohszenarien wurde mit den Industriepartnern diskutiert und abgestimmt.

### **Phase 6: Erarbeitung der MONA-Szenarien**

Abschließend wurden in Phase 6 der Szenarien-Entwicklung die vier ausgewählten Rohszenarien jeweils mit den unkritischen Deskriptoren aus Phase 4 kombiniert und so die finalen MONA-Szenarien gebildet. Nach der Bildung der finalen Szenarien wurde deren Stabilität unter Einbezug der Störfaktoren diskutiert.

Zusammenfassend liefert **Abbildung 2-2** eine Übersicht des Prozesses der Szenario-Entwicklung im Rahmen des Projektes MONA 2030. Neben der zeitlichen

Abfolge der einzelnen Phasen der Szenario-Entwicklung zeigt die Darstellung auch, an welchen Stellen die direkte Einbindung der Projektpartner (PP) erfolgte. Durch die Einbringung der Expertise der beteiligten Projektpartner an den kritischen Stellen der Szenario-Entwicklung sollten Qualität und Akzeptanz der generierten MONA-Szenarien gesichert werden.



**Abbildung 2-2:** Übersicht des Szenario-Prozesses im Rahmen von MONA 2030 und Zuordnung zu den sechs Phasen der Szenario-Entwicklung

Nach der Erstellung der MONA-Szenarien erfolgt die Aufbereitung der Szenario-Daten für die Maßnahmenbewertung. Hierzu gehören zum Beispiel die Aufbereitung und Regionalisierung der Daten auf Netzknotenebene sowie die Bereitstellung der benötigten Randbedingungen für das Optimierungsmodell und die Netzberechnungen.

### 3 MONA-Szenarien

Im Folgenden werden die aus dem Szenario-Prozess resultierenden MONA-Szenarien zusammenfassend dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung der Vorgehensweise und Ergebnisse der einzelnen Phasen der Szenario-Entwicklung kann dem ausführlichen Abschlussbericht entnommen werden.

Es zeigt sich, dass die Szenarien unter anderem eine Unterscheidung hinsichtlich der Rolle und der Einflussmöglichkeiten der Akteure Übertragungs-, Verteilnetzbetreiber und Prosumenten aufweisen. Alle folgenden Szenarien – mit Ausnahme des konservativen Szenarios – werden in den zwei Varianten „Standard“ und „Klimaschutz“ abgebildet, die sich insbesondere hinsichtlich des Ausbaus der Erneuerbaren Energien (EE) sowie CO<sub>2</sub>- und Brennstoffpreisen unterscheiden.

#### 3.1.1 Referenz-Szenario

Das Referenz-Szenario beschreibt die Fortführung der heutigen Entwicklungen unter Berücksichtigung bestehender politischer Ziele. Demnach ändern sich die wichtigsten politischen und regulatorischen Rahmenbedingungen im betrachteten Zeithorizont nicht. Das heißt auch, dass der Einfluss der Netzbetreiber auf dem heutigen Stand bleibt. Grund für diese Entwicklung ist zum einen, dass auf politischer Ebene keine Notwendigkeit dafür gesehen wird, den derzeitigen Entwicklungen entgegenzusteuern. Zum anderen resultiert sie aus der zurückhaltenden öffentlichen Einstellung gegenüber tiefgreifenden Veränderungen.

Die eingeschränkte Akzeptanz der Bevölkerung bietet nur begrenzte Möglichkeiten zur Umsetzung großer Infrastrukturprojekte. Eine Grundskepsis gegenüber Datenbereitstellung im Allgemeinen betrifft insbesondere auch die Möglichkeiten zur Verarbeitung energiewirtschaftlich verwertbarer Informationen. Dieses Misstrauen schränkt eine Hebung der Flexibilitätsoptionen auf Haushaltsebene stark ein, denn als Folge wird den Netzbetreibern eine externe Steuerung von Haushaltstechnologien nicht ermöglicht. Während der Ausbau von Hausspeichern dem aktuellen Trend folgt, werden die Ziele der Bundesregierung für die Entwicklung der Elektromobilität in Höhe von sechs Millionen Fahrzeugen im Jahr 2030 erreicht, gleiches gilt für die Steigerung der Energieeffizienz. Beide Entwicklungen werden durch entsprechende politische Anreize und Fördersysteme unterstützt.

Aufgrund der Unsicherheiten bezüglich der Entwicklung der CO<sub>2</sub>- und Brennstoffpreise sowie der Bedeutung des Ausbaus der EE für die Bewertung von NoM wird im Referenz-Szenario zwischen einer Standard- und einer Klimaschutz-Variante unterschieden. Letztere geht von einem starken politischen und gesellschaftlichen Willen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen aus und resultiert in deutlich erhöhten Preisen für CO<sub>2</sub>-Emissionszertifikate und Brennstoffe im Allgemeinen. Folglich liegt der politische Fokus auf einer Erhöhung des EE-Anteils weit über die heutigen Ziele hinaus.

Da in diesem Szenario aktuelle regulatorische Rahmenbedingungen und politische Zielvorgaben berücksichtigt werden, stellt das Referenzszenario die Basis für den Vergleich mit anderen Szenarien dar. Die wichtigsten Merkmale dieses Szenarios werden in **Abbildung 3-1** noch einmal in Steckbriefform zusammengefasst.

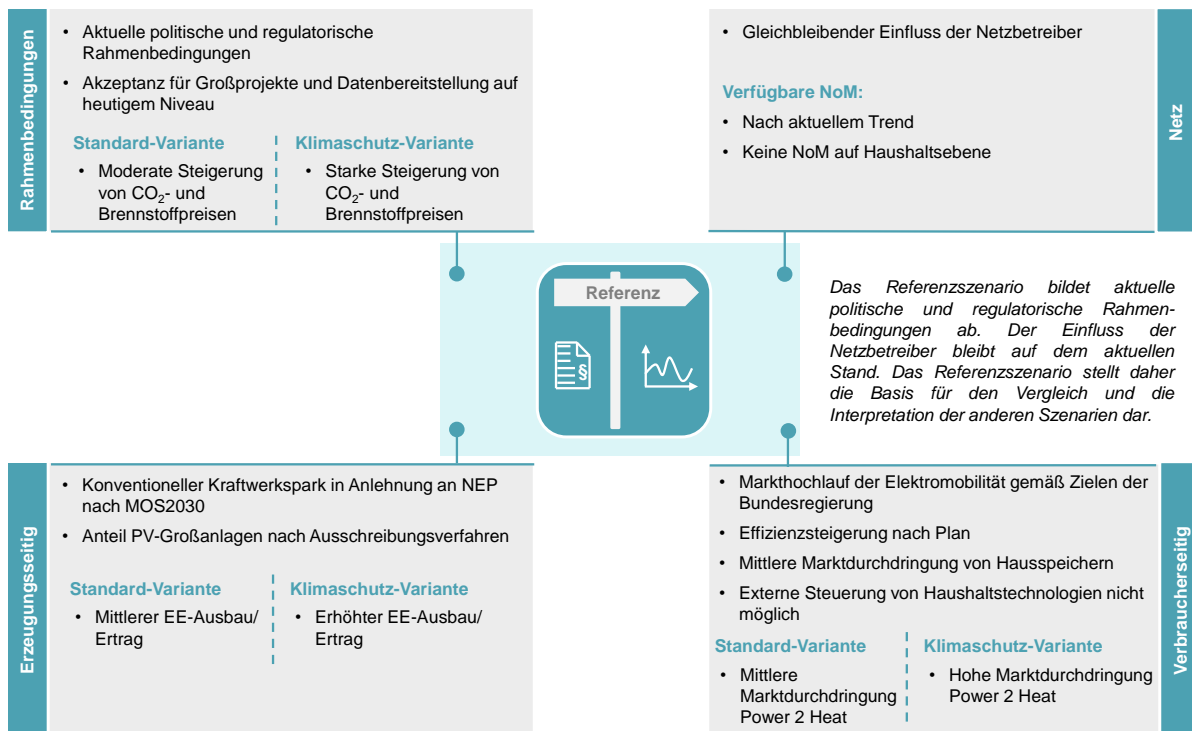


Abbildung 3-1: Steckbrief für das Referenz-Szenario

### 3.1.2 Zentrales Szenario

Im zentralen Szenario wird eine zentral orientierte Energielandschaft gezeichnet. In dieser werden den Übertragungsnetzbetreibern durch Anpassung des regulatorischen Rahmens Kompetenzen und Einflussmöglichkeiten zur Netzentlastung zugesprochen, die unter aktuellen Bedingungen nicht vorhanden sind. Zudem besteht eine erhöhte Akzeptanz gegenüber großen Infrastrukturprojekten, welches eine zentrale Steuerung des Ausbaus von EE und NoM ermöglicht.

Erzeugungsspezifisch folgt der Anteil von PV-Freiflächenanlagen aus den Vorgaben des Ausschreibungsverfahrens. Zudem besteht auf Seiten der ÜNB die Möglichkeit eines gesteuerten regionalen EE-Ausbaus zur Entlastung der Übertragungsnetze. Hierfür stünden ihnen beispielsweise Instrumente wie regionale Ausschreibungsverfahren sowie die Einführung einer regionalen Netzkomponente im Referenzertragsmodell zur Verfügung.

Die Verbraucherseite wird von dieser Entwicklung nicht berührt. Es gelten daher grundsätzlich die gleichen Bedingungen wie im Referenzszenario. Die verfügbaren Flexibilitätsoptionen auf Haushaltsebene sind folglich weiterhin als gering einzustufen und werden durch die Verteilnetzbetreiber nicht zur Netzentlastung eingesetzt.

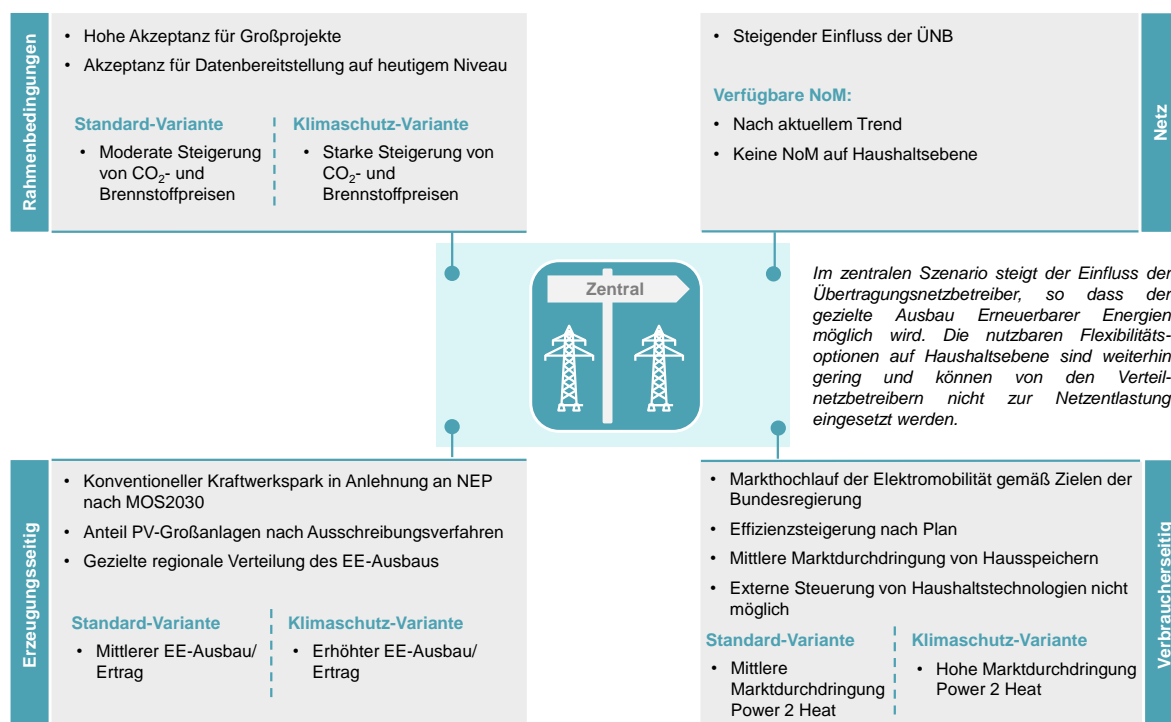


Abbildung 3-2: Steckbrief für das zentrale Szenario

### 3.1.3 Verteilnetz-Szenario

Durch eine dezentrale Erzeugungsstruktur mit einem Trend hin zu PV-Dachanlagen und durch den steigenden Einfluss der Verteilnetzbetreiber steht das Verteilnetz-Szenario in einem klaren Kontrast zum zentralen Szenario. Denn im Gegensatz zum Referenz- und zentralen Szenario ist eine Akzeptanz für die Bereitstellung von Daten sowie die Änderung des Nutzerverhaltens vorhanden.

Dies führt dazu, dass auf Haushaltsebene vermehrt Technologien auch von außen angesteuert werden können. Damit besteht eine Vielzahl an Flexibilitätsoptionen, die durch die VNB zur Netzstabilisierung genutzt werden können. Möglich wird dies durch eine Anpassung der Anreizregulierung dahingehend, dass ein netzdienlicher Einsatz von z. B. Batteriespeichern ermöglicht wird und finanzielle Anreize zur Nutzung innovativer Technologien durch die Netzbetreiber geschaffen werden.

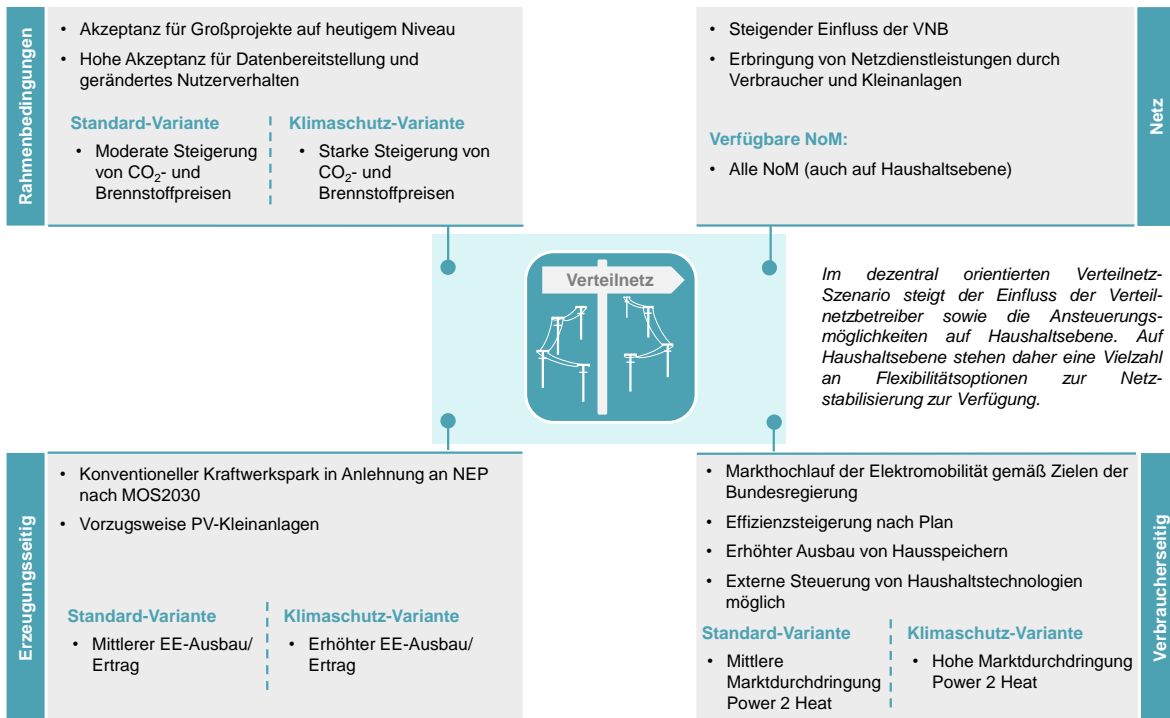


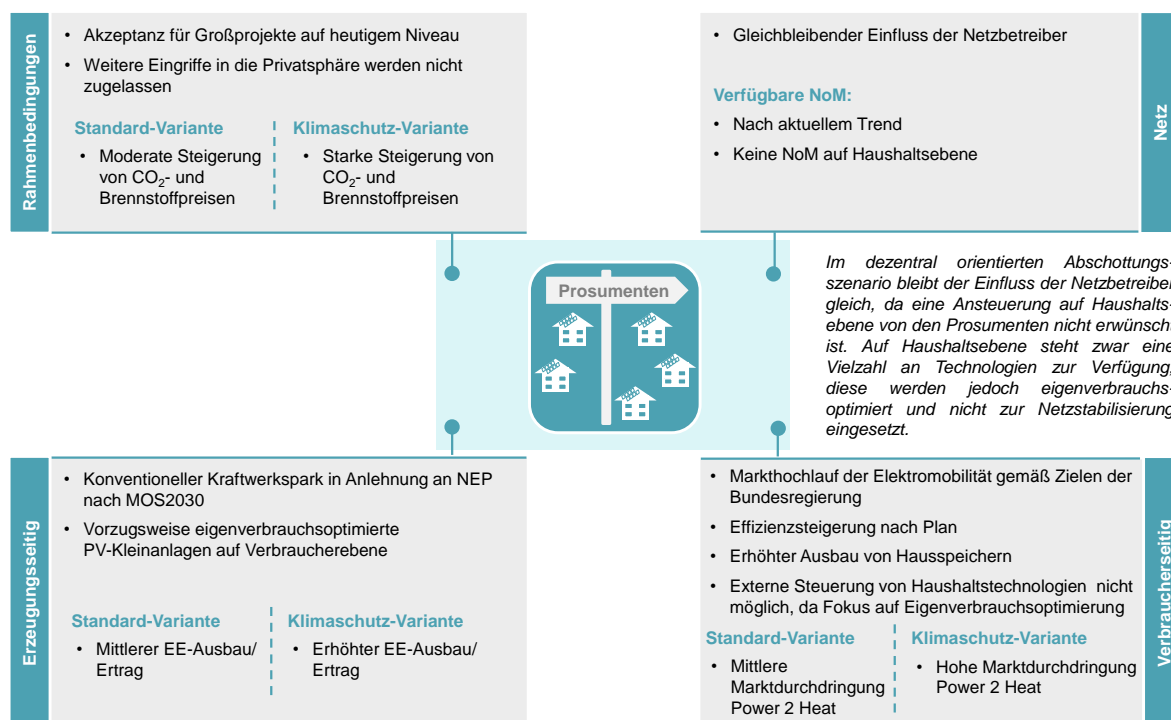
Abbildung 3-3: Steckbrief für das Verteilnetz-Szenario

### 3.1.4 Prosumenten-Szenario

Ähnlich wie im Verteilnetz-Szenario ist auch im Prosumenten-Szenario das Energiesystem dezentral ausgerichtet. Jedoch liegt der Fokus nicht auf den Verteilnetzbetreibern, sondern auf den Prosumenten, die gleichzeitig Verbraucher und Produzenten elektrischer Energie sind.

Trotz einer Offenheit gegenüber innovativen Technologien besteht eine generelle Skepsis gegenüber einer Datenbereitstellung an Dritte. Somit werden weitere Eingriffe in die Privatsphäre sowie eine externe netzoptimierende Steuerung des Nutzerverhaltens untersagt. Obwohl ein Großteil der Haushalte mit der entsprechenden IKT-Infrastruktur und Hausspeichersystemen ausgestattet ist, werden diese angesichts des Abschottungsbestrebens der Prosumenten nur zur Eigenverbrauchsoptimierung eingesetzt. Dieser Trend zur Eigenverbrauchsoptimierung wird durch den zunehmenden Ausbau Süd-West-orientierter PV-Dachanlagen unterstrichen. Dieses Verhalten der Prosumenten wirkt sich dementsprechend auf den netzseitigen Haushaltslastgang aus.

Die VNB können im Prosumenten-Szenario keine direkt in den Haushalten angesiedelten NoM nutzen. Folglich müssen sie auf den Haushalten übergeordnete NoM wie z. B. Quartierspeicher zurückgreifen.



**Abbildung 3-4:** Steckbrief für das Prosumenten-Szenario

### 3.1.5 Konservatives Szenario

Im konservativen Szenario erfolgt eine Anpassung der aktuellen Ziele der Energiewende im Hinblick auf Energieeffizienz und Elektromobilität. Dies ist unter anderem bedingt durch ein verlangsamtes Wirtschaftswachstum.

Da die Bevölkerung skeptisch gegenüber grundlegenden Veränderungen – sowohl in Bezug auf große Infrastrukturprojekte, als auch auf externe Eingriffe auf Haushaltsebene – eingestellt ist, können keine großen technologischen Innovationen umgesetzt werden. Zudem werden den Netzbetreibern von Seiten der Politik und der Gesellschaft keine zusätzlichen Einflussmöglichkeiten eingeräumt. Erzeugungsseitig begünstigt neben stagnierenden CO<sub>2</sub>- und Brennstoffpreisen auch der niedrigere EE-Ausbaupfad den Betrieb von konventionellen Kraftwerken. Verbrauchersseitig ist ein niedriger Markthochlauf der Elektromobilität und Power 2 Heat zu beobachten. Die beschriebenen Entwicklungen haben jedoch keinen Einfluss auf den derzeit nach Netzentwicklungsplan (NEP) vorgesehenen Netzausbau.

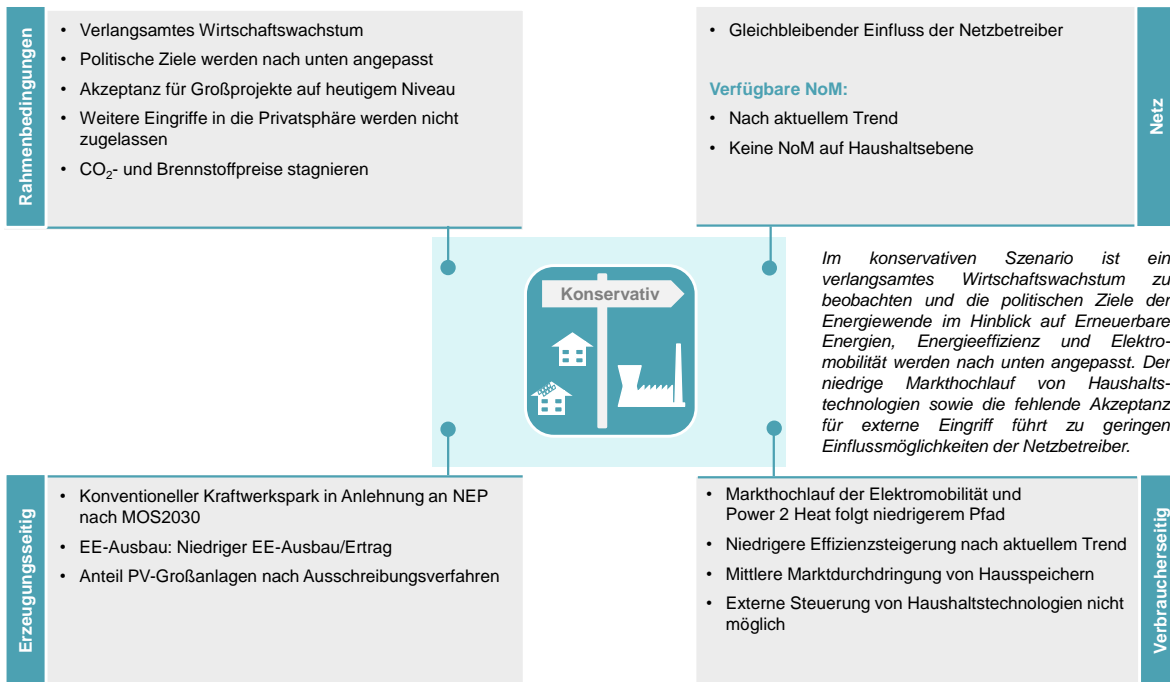


Abbildung 3-5: Steckbrief für das konservative Szenario

### 3.1.6 Gegenüberstellung

#### Kritische Deskriptoren

In **Abbildung 3-6** werden die MONA-Szenarien einander anhand ausgewählter kritischer Deskriptoren systematisch gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass sich die Szenarien unter anderem hinsichtlich der Größe und Ausrichtung der PV-Erzeugung, der Verfügbarkeit und Steuerbarkeit innovativer Technologien auf Haushaltsebene sowie des Handlungsspielraums der Netzbetreiber voneinander abheben.

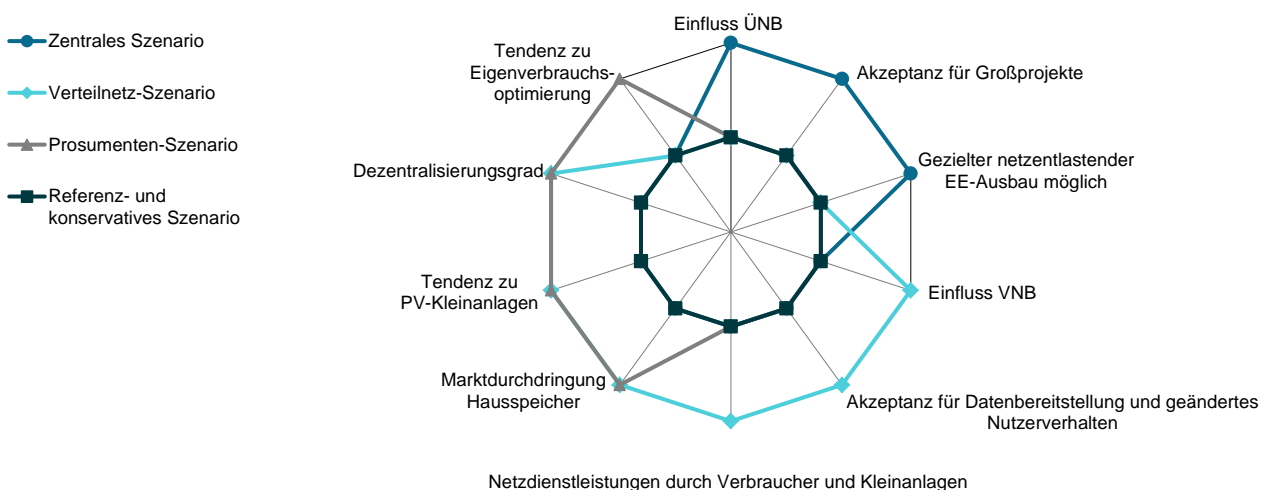


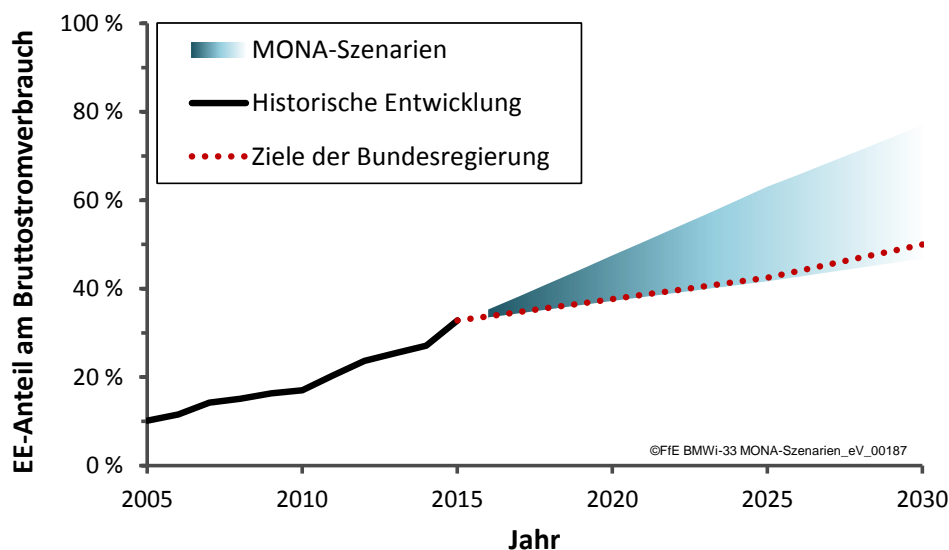
Abbildung 3-6: Gegenüberstellung der MONA-Szenarien anhand ausgewählter kritischer Deskriptionen (der äußere Ring entspricht einer höheren Ausprägung)

Zudem unterscheiden sich die Szenarien hinsichtlich des EE-Ausbaus, der CO<sub>2</sub>- und Brennstoffpreise, der Effizienzsteigerung sowie der Marktdurchdringung von



Technologien wie Elektrofahrzeugen, Wärmepumpen usw. Während dem konservativen Szenario jeweils die niedrigen Pfade zugrunde liegen, finden die mittleren und hohen Pfade in den übrigen Szenarien über die Varianten „Standard“ und „Klimaschutz“ Berücksichtigung (vgl. auch Mantelzahlen in **Tabelle 3-1** und **Tabelle 3-2**).

In folgender Abbildung ist beispielhaft der EE-Anteil am Bruttostromverbrauch für die drei Pfade der MONA-Szenarien dargestellt. Während im konservativen Szenario die Ziele der Bundesregierung von mindestens 50 % im Jahr 2030 knapp verfehlt werden, wird in der Standard-Variante ein EE-Anteil von über 60 % und in der Klimaschutz-Variante sogar ein EE-Anteil von über 75 % erreicht.



**Abbildung 3-7:** Anteil der Erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch für die historische Entwicklung /BMW-05 16/ und die drei in den MONA-Szenarien abgebildeten Entwicklungspfade

### Mantelzahlen

Die resultierenden Mantelzahlen der MONA-Szenarien werden in Tabelle 3-1 und Tabelle 3-2 für den aktuellen Stand und für das Jahr 2030 für jedes Szenario zusammenfassend dargestellt. Die Datenbasis für die Quantifizierung der Entwicklungspfade kann dem ausführlichen Abschlussbericht sowie dem Bericht „Basisdaten“ entnommen werden.

Tabelle 3-1: Mantelzahlen der MONA-Szenarien (1/2)

Parameter	Einheit	Stand 2015	2030					
			Variante	Referenz-Szenario	Zentrales Szenario	Verteilnetz-Szenario	Prosumenten-Szenario	Konservatives Szenario
CO <sub>2</sub> -Preise	€/t	7,6	Standard	30,0				7,6
			Klimaschutz	60,0				
<b>Brennstoffpreise</b>								
Rohöl	€/MWh <sub>th</sub>	35,9	Standard	52,4				35,9
			Klimaschutz	60,3				
Erdgas		21,8	Standard	28,8				21,8
			Klimaschutz	32,2				
Steinkohle		8,8	Standard	9,5				8,8
			Klimaschutz	10,7				
Braunkohle	1,5	Standard	1,5				1,5	
		Klimaschutz	1,5					
<b>Installierte Leistung konventioneller Kraftwerke</b>								
Kernenergie	GW <sub>el</sub>	12,1	0,0				59	
Braunkohle		20,8	12,8					
Steinkohle		27,4	10,4					
Erdgas		8,3	18,6					
Erdgas - GuD		15,8	15,6					
Sonstige		2,6	1,8					
Konventionelle Kraftwerke (gesamt)		87	59					
<b>Installierte Leistung Erneuerbarer Energien</b>								
Wind (onshore)	GW <sub>el</sub>	41,2	Standard	58,5				54,2
			Klimaschutz	68,5				
Volllaststunden Wind (onshore) Bestand / Zubau	h/a	1700 / -	Standard	1700 / 2650				1700 / 2300
			Klimaschutz	1700 / 3000				
Wind (offshore)	GW <sub>el</sub>	3,4	15,0				14,3	
Photovoltaik	GW <sub>el</sub>	39,3	Standard	76,8				58,7
			Klimaschutz	116,8				
Anteil von Dachanlagen an jährlichem PV-Zubau	%	k.A.	80	80	90	90	80	
Anteil Süd-West-ausgerichteter Anlagen am Zubau von PV-Dachanlagen	%	k.A.	20	20	20	40	20	
Biomasse	GW <sub>el</sub>	7,0	Standard	6,2				5,5
			Klimaschutz	7,0				
Wasserkraft	GW <sub>el</sub>	5,6	5,6					
Sonstige	GW <sub>el</sub>	0,6	0,6					
Erneuerbare Energien (gesamt)	GW <sub>el</sub>	97	Standard	163				139
			Klimaschutz	214				

BMW i-33 MONA-Szenarien\_eV\_00179

Tabelle 3-2: Mantelzahlen der MONA-Szenarien (2/2)

Parameter	Einheit	Aktueller Stand	2030						
			Variante	Referenz-Szenario	Zentrales Szenario	Verteilnetz-Szenario	Prosumenten-Szenario	Konservatives Szenario	
<b>Stromverbrauch:</b>									
„Klassischer“ Nettostromverbrauch (inkl. VN- Verluste ohne Elektrofahrzeuge und Wärmepumpen)	TWh <sub>el</sub>	532 (2015)				477		546	
Stromverbrauch von Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen	TWh <sub>el</sub>	14,1 (2015)	Standard			12,8		8,4	
			Klimaschutz			21,3			
Stromverbrauch der Elektromobilität	TWh <sub>el</sub>	0,075 (2015)				9,4		1,6	
Gesamter Stromverbrauch	TWh <sub>el</sub>	554,2	Standard			499,2		556	
			Klimaschutz			507,7			
<b>Rahmendaten:</b>									
Einwohner	Anzahl in Mio.	80,5 (2012)				80,9			
Bruttoinlandsprodukt (BIP)	Mrd. €	2647 (2012)				3126		2877	
<b>Entwicklung verschiedener Technologien:</b>									
Anzahl an Elektrofahrzeugen	Mio. Stück	0,084 (2015)				6		1	
Installierte Leistung Power2Heat	GW <sub>el</sub>	ca. 0,370 (2015)				7,7		0,7	
Anzahl an Wärmepumpen	Mio. Stück	0,9 (2015)	Standard			1,8		1,3	
			Klimaschutz			2,7			
Anzahl an Nachtspeicherheizungen	Mio. Stück	1,4 (2015)	Standard			0,9		0,5	
			Klimaschutz			1,7			
Installierte Leistung Hausspeichersysteme	GW <sub>el</sub>	0,09			3,4	3,4	6,0	6,0	3,4
Anteil an für NoM relevanten Haushalten, die zur netzoptimierenden Steuerung zur Verfügung stehen	%	0			0	0	100	0	0

BMW i-33 MONA-Szenarien\_eV\_00182

## 4 Zusammenfassung

Innerhalb des Projektes MONA 2030 setzen die Szenarien die Rahmenbedingungen für den Einsatz und den Vergleich der Netzoptimierenden Maßnahmen (NoM). Durch die Szenarien werden übergeordnete Einflüsse abgebildet und deren Auswirkungen auf den Einsatz der Maßnahmen überprüft. Da den Szenarien somit eine entscheidende Rolle zukommt, wurden in Kooperation mit den beteiligten Projektpartnern mithilfe eines systematischen und transparenten Ansatzes konsistente MONA-Szenarien entwickelt.

Aufbauend auf der Untersuchung des Themenumfeldes beinhaltet die **entwickelte Methodik** folgende sechs Schritte:

1. Identifikation potenzieller Einflussfaktoren
2. Untersuchung der Wirkzusammenhänge der Einflussfaktoren
3. Auswahl von Schlüsselfaktoren und Bestimmung von Störfaktoren
4. Festlegung geeigneter Deskriptoren und Entwicklung der Schlüsselfaktoren
5. Bildung von Rohszenarien
6. Erarbeitung der MONA-Szenarien

Ausgehend von den relevanten Stakeholdern konnten im Rahmen einer Metastudie existierender Studien zu Energie- und Netzszenarien zunächst 25 potenzielle Einflussfaktoren für den Einsatz und die Bewertung von NoM identifiziert werden. Unter Berücksichtigung ihrer Wirkzusammenhänge, die mithilfe einer Einflussmatrix untersucht wurden, sowie der Anforderungen der Simulationstools konnten in Abstimmung mit den Projektpartnern 18 Schlüsselfaktoren für NoM abgeleitet werden. Neben Rahmenfaktoren (Umweltziele, politische Eingriffe, europäische Marktkopplung, gesellschaftliche Akzeptanz und Digitalisierung der Energieversorgung) und externer Faktoren (CO<sub>2</sub>-Preise, Brennstoffpreise, Ausbau europäischer Übertragungskapazitäten und technologische Entwicklungen), gehören hierzu auch verbrauchs- und erzeugungsseitige Faktoren. In den Verbrauchsfaktoren werden u. a. das Wirtschaftswachstum, die demografische Entwicklung, Energieeffizienzsteigerungen sowie die Struktur der Wärmebereitstellung und des Verkehrs abgebildet. Erzeugungsgesamt finden neben dem konventionellen und erneuerbaren Kraftwerkspark auch der Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung und die Speichertechnologien Berücksichtigung.

Die identifizierten Schlüsselfaktoren werden mithilfe unkritischer und kritischer Deskriptoren beschrieben. Während für die unkritischen Deskriptoren (wie z. B. Haushaltsstruktur, Bevölkerungswachstum) jeweils ein Entwicklungspfad hinterlegt wurde, kann die Entwicklung der kritischen Deskriptoren, wie beispielsweise CO<sub>2</sub>-, Brennstoffpreise und der Ausbau der Erneuerbaren Energien (EE), zukünftig unterschiedliche Ausprägungen einnehmen. Um aus dieser Vielzahl an möglichen Entwicklungspfaden Szenarien abzuleiten, wurden mithilfe einer Konsistenzmatrix zunächst Rohszenarien erstellt. Diese stellen eine konsistente Kombination aus den Entwicklungspfaden einzelner kritischer Deskriptoren dar. Durch Ergänzung der Rohszenarien mit den unkritischen Deskriptoren konnten unter Einbindung der Projektpartner schließlich **fünf MONA-Szenarien** abgeleitet werden, welche sich unter anderem hinsichtlich der Rolle und der Einflussmöglichkeiten der Akteure unterscheiden:

Das **Referenz-Szenario**, das die aktuellen Entwicklungen sowie die derzeitigen politischen und regulatorischen Rahmenbedingungen abbildet, stellt die Vergleichsbasis für die anderen Szenarien dar. Es wird hierbei zwischen einer Standard- und einer Klimaschutz-Variante unterschieden. Während sich die Standard-Variante u. a. durch mittlere CO<sub>2</sub>- und Brennstoffpreissteigerungen und einen mittleren EE-Ausbaupfad auszeichnet, folgen diese Faktoren in der Klimaschutz-Variante einem höheren Entwicklungspfad.

Das **zentrale Szenario** zeichnet sich durch ein zentral organisiertes Energiesystem aus, in dem die Einflussmöglichkeiten der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) steigen. So besteht z. B. die Möglichkeit eines gezielten Ausbaus der EE mit dem Ziel einer Entlastung des Übertragungsnetzes. Die verfügbaren Flexibilitätsoptionen auf Haushaltsebene sind eher gering und werden auf Verteilnetzebene noch nicht zur Netzentlastung eingesetzt.

Im Gegensatz dazu steigen im dezentral orientierten **Verteilnetz-Szenario** die Einflussmöglichkeiten der Verteilnetzbetreiber (VNB). Während erzeugungsseitig der Trend in Richtung PV-Dachanlagen geht, steigt gleichzeitig das verfügbare Flexibilitätspotenzial auf Haushaltsebene. Dies basiert zum einen auf der grundsätzlichen Offenheit der Verbraucher gegenüber einer Datenbereitstellung und Verhaltensänderung, und zum anderen auf der erhöhten Marktdurchdringung von Hausspeichern sowie der externen Zugriffsmöglichkeit auf die IKT-Infrastruktur in den Haushalten. Diese Entwicklungen führen dazu, dass die VNB zur Netzentlastung auf eine Vielzahl an Flexibilitätsoptionen zurückgreifen können.

Auch im **Prosumenten-Szenario** wird das Energiesystem zunehmend dezentral ausgerichtet, jedoch gewinnen hier die Prosumenten mit einem Autarkiebestreben an Bedeutung. Neben einem Trend hin zu Süd-West ausgerichteten PV-Dachanlagen steigt auch die Anzahl der Hausspeichersysteme mit dem Ziel, den Eigenverbrauch zu steigern. Aufgrund einer geringen Akzeptanz der Prosumenten für Eingriffe von außen kann die IKT-Infrastruktur in den Haushalten nicht zur externen Steuerung genutzt werden und die Einflussmöglichkeiten der VNB stagnieren. Folglich stehen den Netzbetreibern trotz einer grundsätzlichen Verfügbarkeit innovativer Technologien auf Haushaltsebene nur wenige Flexibilitätsoptionen zur Netzentlastung zu Verfügung.

Unter anderem bedingt durch ein stagnierendes Wirtschaftswachstum, werden im **konservativen Szenario** die politischen Ziele für den EE-Ausbau, die Energieeffizienz und die Elektromobilität nach unten angepasst. Zudem wird der Betrieb konventioneller Kraftwerke durch stagnierende CO<sub>2</sub>- und Brennstoffpreise begünstigt.

Auf der Basis eines transparenten und konsistenten Szenario-Prozesses konnten in MONA 2030 folglich fünf heterogene MONA-Szenarien abgeleitet werden. Diese finden Eingang in die darauffolgende Bewertung der NoM auf Übertragungs- und Verteilnetzebene, indem die durch die Szenarien vorgegebenen Randbedingungen und Entwicklungspfade für die Simulationen und Netzberechnungen aufbereitet und regionalisiert werden.

Wie in /FFE-37 16/<sup>2</sup> dargestellt, hat die Untersuchung gezeigt, dass nicht nur die Entwicklung von Erzeugung und Verbrauch einen entscheidenden Einfluss auf das Potenzial von NoM haben. Vielmehr sind insbesondere die Intelligenz der zukünftigen Netzinfrastruktur sowie die Möglichkeiten zur Ansteuerung durch die Netzbetreiber ausschlaggebend. Diese Faktoren wiederum sind stark vom regulatorischen Rahmen, dem Grad der Digitalisierung sowie der gesellschaftlichen Akzeptanz abhängig.

---

<sup>2</sup> Regett, Anika; Zeiselmaier, Andreas; Samweber, Florian: MONA-Szenarien: Mehr als die Entwicklung von Erzeugung und Verbrauch - Entscheidende Faktoren für die Zukunft der Stromnetze in: BWK Ausgabe 11/2016, S. 6-8. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure (VDI), 2016