

# Energienutzungsplan

## Europäische Metropolregion Nürnberg



**August 2019**

**Diese Studie wurde erstellt von:**

Manuela Endres  
Erich Maurer  
Nicola Polterauer  
Markus Ruckdeschel  
Wolfgang Seitz  
Peter Heymann  
Markus Weihermüller

**ENERGIEAGENTUR** nordbayern GmbH

Fürther Str. 244a | 90429 Nürnberg | Fon: 0911/ 99 43 96-0 | E-Mail: seitz@ea-nb.de

Diese Studie wurde gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien,  
Energie und Technologie.



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Bestandsanalyse .....</b>	<b>11</b>
3.1	Studien in der EMN .....	11
3.2	Auswertung der Fragebögen an die Gebietskörperschaften .....	11
3.2.1	Wärmenetze.....	12
3.2.2	Gebäudeeffizienz.....	12
3.2.3	Sonstige Maßnahmen .....	12
3.3	Ausgangssituation in der EMN .....	13
<b>4</b>	<b>Wärmekataster.....</b>	<b>16</b>
4.1	Gemeindedatei Wärmekataster.....	17
4.2	Ergebnis für Metropolregion.....	18
<b>5</b>	<b>Entwicklungsszenarien, Effizienzpotenziale.....</b>	<b>18</b>
5.1	Entwicklung der Sektoren .....	18
5.1.1	Sektor GHDI .....	19
5.1.2	Sektor Haushalte .....	23
5.1.3	Sektor Verkehr .....	28
5.1.4	Gesamtentwicklung.....	30
5.2	Strom- und Wärmeerzeugung und Verteilung.....	33
5.2.1	Langfristige Rolle der KWK .....	33
5.2.2	Bedeutung der Wärmenetze.....	35
5.2.3	Power to Heat Technologie.....	36
5.2.4	Vergleich Erzeugungstechniken .....	36
5.3	Erneuerbare Energien .....	37
5.3.1	Windkraft .....	38
5.3.2	Photovoltaik .....	43
5.3.3	Wasserkraft .....	45
5.3.4	Biogas-Kraft-Wärme-Kopplung .....	45
5.3.5	Solarthermie.....	46
5.3.6	Feste Biomasse.....	48
5.3.7	Wärmepumpen (Umweltwärme, Abwärme) .....	49
5.3.8	Erneuerbare Energien gesamt.....	50
5.4	Sonstige THG-Emissionen.....	50
5.4.1	Bauwirtschaft .....	50
5.4.2	Landwirtschaft.....	51
5.4.3	Ernährung.....	52
5.4.4	Suffizienz und nachhaltiger Konsum .....	53
<b>6</b>	<b>Maßnahmenprogramm für die EMN.....</b>	<b>53</b>
6.1	Erneuerbare Energien, zukunftsfähige Energieversorgung .....	54
6.1.1	Erneuerbare Energien – Strom.....	54
6.1.2	Erneuerbare Energien – Wärme .....	59
6.1.3	Kraft-Wärme-Kopplung.....	64
6.1.4	Struktur der Energieversorgung.....	65
6.1.5	Speichertechnologien.....	67



6.2	Energieeinsparung und Energieeffizienz.....	70
6.2.1	Energieeffizienz im Gebäudebestand .....	71
6.2.2	Energieeffizienz im Neubau .....	73
6.2.3	Wohnungsbau .....	74
6.2.4	Straßenbeleuchtung.....	75
6.2.5	Energieeffizienz im Sektor GHDI .....	76
6.3	Mobilität.....	77
6.3.1	ÖPNV, Radverkehr.....	77
6.3.2	Elektromobilität .....	81
6.4	Informationskampagnen, Bewusstseinswandel, Bildung .....	82
6.4.1	Informationskampagnen.....	82
6.4.2	Bildungsinitiativen.....	84
6.4.3	Nachhaltige Beschaffung .....	85
6.5	Wichtigste Maßnahmen.....	85
6.5.1	<b>Priorität – wichtigste Maßnahmen</b> .....	85
6.5.2	<b>Umsetzbarkeit – wichtigste Maßnahmen</b> .....	87
6.5.3	<b>Auswirkung – wichtigste Maßnahmen</b> .....	89
<b>7</b>	<b>Bewertung</b> .....	<b>91</b>
7.1	Bewertung Rahmenbedingungen .....	91
7.2	Langfristbewertung Kosten .....	92
7.3	Auswirkungen in der EMN .....	94
<b>8</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>95</b>
8.1	Literaturverzeichnis.....	95
8.2	Abbildungsverzeichnis.....	96
8.3	Tabellenverzeichnis.....	97



## 1 Zusammenfassung

Energieeffizienz und der Einsatz von erneuerbaren Energien ist eine zentrale Zukunftsaufgabe zur Bewältigung der Energiewende. Daher hat die Europäische Metropolregion Nürnberg (EMN) die Energieagentur Nordbayern (EAN) beauftragt, für die komplette EMN eine Studie zu erstellen, um deren Potenziale zu ermitteln und die mögliche Umsetzung mit einzelnen Maßnahmen zu bewerten. Dies wurde im Rahmen eines Energienutzungsplans, der vom Freistaat Bayern gefördert wurde, umgesetzt.

Für den Ausbau der erneuerbaren Energien zeigen sich erhebliche Potenziale, die im Bereich Windenergie - vor allem aufgrund der 10H Regelung- nicht ausreichend genutzt werden. Aktuell bestehen 620 Windkraftanlagen in der EMN mit einer Energiebereitstellung in Höhe von 2.062 GWh (2016). Durch die Realisierung des kompletten, in der EMN zur Verfügung stehenden Windkraftpotenzials, können 21.500 GWh/a erreicht werden, was einer Verzehnfachung der aktuellen Energiebereitstellung entspricht.

Gleiches gilt für die Potenziale der Photovoltaik. Aktuell werden in der EMN 3.372 GWh (2016) Energie durch PV bereitgestellt. Werden sämtliche im ENP ermittelten Potenziale von Freiflächen-, Dach- und sonstigen Anlagen errichtet, würde sich eine Energiebereitstellung im Jahr 2050 in Höhe von 19.900 GWh ergeben, was einer Versechsfachung der aktuellen Energielieferung bedeutet. Dass der Wert geringer ist als bei der Windkraft, zeigt einmal mehr, dass die Windpotenziale in der EMN noch deutlich weniger ausgeschöpft sind als die PV-Potenziale.

Nimmt man alle anderen Potenziale wie Biomasse, Umweltwärme, Solarthermie, Wasserkraft und Biogas dazu, ergibt sich in Summe ein umsetzbares Potenzial von 59.793 GWh für das Jahr 2050.

Werden alle sektoralen Effizienzpotenziale realisiert, ergeben sich in den einzelnen Bereichen folgende Werte für den Endenergiebedarf im Jahr 2050:

Tabelle 1: EMN Energiebedarf Sektoren 2050

<b>Energiebedarf 2050 in GWh</b>			
<b>Sektoren</b>	<b>Szenario I</b>	<b>Szenario II</b>	<b>Szenario III</b>
<b>GHDI</b>	34.315	30.199	25.395
<b>Private Haushalte</b>	24.007	22.412	21.002
<b>Verkehr</b>	30.526	15.920	12.102
<b>SUMME</b>	88.850	68.531	58.495

Es zeigt sich, dass bei einer Umsetzung der angesetzten Potenziale an erneuerbaren Energien der Bedarf von 58.495 GWh pro Jahr im Wärmebereich vollständig und beim Strom zu 87% bilanziell von erneuerbaren Energien aus der EMN gedeckt werden könnte.

Des Weiteren sind zu beachten, dass ein massiver Ausbau an zentralen Wärmenetzen notwendig ist, da in Wärmenetzen innovative und systemrelevante Technologien besser einzusetzen sind als ohne zentrale Versorgung. Hier spielt die Kraft-Wärme-Kopplung eine entscheidende Rolle bis ca. 2035, danach sind verschiedene Szenarien denkbar, um die notwendigen Residuallasten zur Verfügung zu stellen.

Aufgrund eines flächendeckenden Wärmekatasters wurden GIS-basiert Wärmekataster erstellt und Belegungsdichten berechnet. Diese werden für alle über 600 Kommunen in der EMN grafisch dargestellt und Empfehlungen für die Umsetzung von zentralen Wärmenetzen aufgezeigt. Dabei wird klar, dass in vielen Gemeinden der EMN Möglichkeiten zur Umsetzung dieser Wärmenetze bestehen.

Die Klimaschutzmanager der EMN haben eine Vielzahl von Maßnahmen zusammengetragen, die in einem weiteren Kapitel des ENP aufgelistet und bewertet sowie durch zusätzliche Maßnahmen ergänzt wurden. In einer Zusammenstellung sind jeweils die 10 wichtigsten Maßnahmen unter den Aspekten Priorität der Umsetzung, Umsetzbarkeit und Auswirkung auf die Reduktion der Treibhausgas (THG)-Emissionen aufgelistet. Diese Maßnahmen bilden den Handlungsleitfaden, mit dem die Klimaziele der europäischen Metropolregion erreicht werden können.

Durch die Umsetzung der hier genannten Potenziale kann es der Metropolregion gelingen, die THG-Emissionen bis 2050 um 91% zu reduzieren und so das gesteckte Ziel einer Reduktion zwischen 80%-95% zu erfüllen. Dies setzt allerdings ein deutliches politisches Signal und Bekenntnis zu dieser Zielerreichung voraus, denen umfassende, vor Ort umzusetzende Maßnahmen folgen müssen.

## 2 Einleitung

Um das ehrgeizige Klimaschutzziel von 95% Treibhausgasreduktion bis 2050 zu erreichen, müssen schon jetzt die richtigen Wege zur Implementierung der Schlüsseltechnologien beschritten werden. Damit die notwendigen Maßnahmen rechtzeitig angestoßen werden, ist es wichtig, sich dabei an Etappenzielen zu orientieren. So liegt im Jahr 2030 das Treibhausgasreduktionsziel der Bundesregierung bei 55%. Dieser Wert kann auch für die EMN als Richtwert dienen. Zudem müssen schon jetzt Weichen gestellt werden, um falsche Pfadfestlegungen zu vermeiden. Wird z.B. ab dem Jahr 2020 weiterhin der Einbau von Heizölkesseln erlaubt, muss damit gerechnet werden, dass diese Kessel auch im Jahr 2050 noch im Einsatz sind.

Fest steht schon jetzt, dass durch den Einsatz der zukünftigen Schlüsseltechnologien die einzelnen Energiesektoren viel stärker und effizienter miteinander agieren, da elektrische Energie die wichtigste Energiequelle in vielen Bereichen werden wird. Langfristig soll der Gesamtstrombedarf weitestgehend über erneuerbare Energien abgedeckt werden. Die damit zunehmende Residuallast kann durch ein gekoppeltes Zusammenspiel der einzelnen Energiesektoren zu einem großen Teil abgefangen werden. Hierfür ist der zeitnahe Ausbau der digitalen Vernetzung mittels intelligenter Stromzähler (SMART METER) zu einem intelligenten Stromnetz (Smart Grid) wichtig.

Die Europäische Metropolregion Nürnberg (EMN) ist eine Region mit hoher Energiekompetenz. Viele Firmen und Akteure beschäftigen sich mit diesen zukunftsweisenden Lösungen, um den Herausforderungen der Energiewende und des Klimawandels wirksam zu begegnen. Daher hat die Ratsversammlung schon im Jahr 2012 einen Klimapakt verabschiedet und sich damit sehr frühzeitig einer nachhaltigen Energieversorgung verpflichtet. In der Zwischenzeit wurden verschiedene Erhebungen zu den Endenergieverbrauchswerten der EMN erstellt und aufgrund einer vollständig überarbeiteten Datengrundlage am 28.07.2017 eine Aktualisierung des Klimapakts beschlossen. So sollen die THG-Emissionen bis 2050

um 80-95% reduziert werden, um der Verpflichtung nachzukommen, das Pariser Klimaschutzabkommen auch in der EMN umzusetzen.

Der vorliegende Energienutzungsplan (ENP) der Europäischen Metropolregion zeigt im Unterschied zu den Vorgängeruntersuchungen nicht den Status Quo oder die daraus abgeleiteten Prognosen für die zukünftige Entwicklung auf. Der ENP ist eine Analyse der notwendigen Maßnahmen, die zur Erreichung der im aktuellen Klimapakt beschlossenen Ziele in der EMN umzusetzen sind. Er stellt somit ein aktives Handlungsszenario dar, das den Weg zur Umsetzung durch konkrete Maßnahmen zeigt. Der ENP greift dabei die verschiedenen Themenfelder auf, die zur Erreichung des Klimapaktes notwendig sind und zeigt akteursbezogen deren Umsetzung auf.

Folgende Maßnahmenpakete können schwerpunktmäßig zusammenfassend dargestellt werden:

### Umsetzung der in der EMN vorhandenen Energieeffizienzpotenziale in allen Sektoren

Ein reines Umschwenken des vorhandenen, meist fossil getragenen Energieverbrauchs auf erneuerbare Energien ist nicht umsetzbar, da hierfür ein viel zu großer Flächen- und Ressourcenverbrauch notwendig wäre. Somit müssen die vorhandenen Effizienzpotenziale in den verschiedenen Bereichen umgesetzt werden. Der ENP nennt in den Maßnahmenblättern dafür sinnvolle Beispiele und zeigt auf, welche Maßnahmen bereits heute wirtschaftlich umsetzbar sind. Die Potenziale sind in den unterschiedlichsten Sektoren vorhanden und auch oft unter wirtschaftlichen Kriterien umsetzbar. Zusammenfassend ergeben sich nach Umsetzung der Effizienzpotenziale folgende Endenergiebedarfe der jeweiligen Sektoren im Jahr 2050:

Tabelle 1: EMN Energiebedarf Sektoren 2050

Energiebedarf 2050 in GWh			
Sektoren	Szenario I	Szenario II	Szenario III
<b>GHDI</b>	34.315	30.199	25.395
<b>Private Haushalte</b>	24.007	22.412	21.002
<b>Verkehr</b>	30.526	15.920	12.102
<b>SUMME</b>	88.850	68.531	58.495

### Massiver Ausbau der erneuerbaren Energien in der EMN

In der EMN spielen fossile Energiequellen immer noch die dominierende Rolle. Auch wenn in der elektrischen Energiebereitstellung deutliche Erfolge beim Zubau erreicht wurden, ist doch festzustellen, dass im Verkehrs- und Wärmesektor keine vergleichbare Entwicklung vorliegt und der fossile Anteil weiterhin deutlich dominiert. Selbst im Bereich der elektrischen Energie hat sich die positive Entwicklung in den letzten Jahren deutlich verlangsamt. Dies betrifft vor allem den Ausbau der Windkraft, aber auch PV und Biogas. Der Ausbau der Geothermie und Nutzung der Umweltwärme konnte vor allem im Neubaubereich verstärkt werden. Die Potenziale der Wasserkraft sind nahezu ausgeschöpft und können nur noch einen unwesentlichen Beitrag leisten.



Der vorliegende ENP zeigt die Potenziale für diese erneuerbaren Energieformen auf, allerdings ohne Rücksicht auf die aktuellen Hemmnisse zu nehmen. Die 10H Regelung trägt zwar nicht zur aktiven Verhinderung von Windkraftanlagen bei, da sie kein Verbot für Anlagen beinhaltet, sie hat aber zu einer negativen Stimmung vieler Entscheidungsträger vor Ort beigetragen. Aber auch für die Umsetzung der PV-Potenziale sind Hemmnisse vorhanden, die vor allem aufgrund mangelnder Information bzgl. der Wirtschaftlichkeit bei den verschiedensten Akteuren vorliegen.

Aufgrund der im ENP durchgeführten Potenzialanalyse ergeben sich folgende Werte für die einzelnen Energieträger, wobei in nachfolgender Tabelle die Potenziale der erneuerbaren Energien für Strom und Wärme zusammenfassend und in der letzten Zeile in einer Summe dargestellt werden:

Tabelle 2: Potenziale erneuerbare Energien

Erneuerbare Energien	2030 in GWh	2050 in GWh	2050
Windkraft	4.580	14.760	
Photovoltaik	7.070	15.290	
Wasserkraft	470	470	
Biogas Strom	1.960	490	31.010 Strom
Biogas Wärme	920	230	
Biomasse	5.510	5.840	
Solarthermie	440	3.560	
Umweltwärme	6.560	16.420	26.050 Wärme
<b>SUMME</b>	<b>27.510</b>	<b>57.060</b>	

## Nachhaltige Strategien in der Mobilität

Im Sektor Verkehr bieten sich verschiedene Ansatzpunkte zu einer Reduktion der THG-Emissionen. Eine nachhaltige Strategie muss möglichst viele Aspekte in ein Gesamtkonzept integrieren. Grundlegend für eine Minderung der THG-Emissionen ist eine Minderung der Verkehrsleistung. Ein weiterer Schritt ist der Ersatz einer Verkehrsleistung durch einen nachhaltigen Verkehrsträger (Fußverkehr, Fahrrad, ÖPNV). Der dritte Ansatzpunkt ist eine Steigerung der Effizienz eines Verkehrsträgers bzw. die Verringerung der Emissionen durch den Einsatz von erneuerbaren Energien.

Die Reduktion von Verkehrsleistung beinhaltet sowohl den teilweisen Verzicht auf Mobilität, aber auch die Reduktion von Güterverkehr durch regionale Wirtschaftskreisläufe. Am einfachsten sind regionale Wirtschaftskreisläufe im Bereich der Nahrungsmittelproduktion umzusetzen., wie dies mit der Nahrungsmittelproduktion im Knoblauchsland bereits umgesetzt wird.

Der Umstieg vom emissionsintensiven motorisierten Individualverkehr (MIV) auf den ÖPNV oder, noch besser, auf Fahrrad- und Fußgängerverkehr bzw. eine Kombination aus den Verkehrsträgern ist eine weitere wichtige Säule der Verkehrswende. Neben dem Ausbau der jeweiligen Infrastruktur ist eine intelligente Vernetzung der verschiedenen Verkehrsträger notwendig. Die Herangehensweisen und Prioritäten sind im Ballungsraum Nürnberg, Fürth, Erlangen und in den ländlich geprägten Gebieten unterschiedlich zu setzen.

Der überwiegende Anteil am Personenverkehr in der EMN wird durch den MIV gedeckt. Auch wenn der MIV verringert werden soll, wird er auch in Zukunft noch eine wichtige Rolle spielen. Darum gilt es den MIV energieeffizienter und umweltschonender zu machen. Die Elektromobilität liefert uns eine Möglichkeit, auch im Sektor Verkehr die Nutzung von erneuerbaren Energien umzusetzen. Dies setzt erhebliche Investitionen in die Ladeinfrastruktur voraus. Alternative Antriebe, auf der Basis von P2Gas oder P2Liquid, könnten im Güterverkehr größere Reichweiten ermöglichen. In dieses Feld greift auch die Wasserstoffinitiative der EMN. Die Bereitstellung Power2X Energieträgern geht aber auch immer mit Umwandlungsverlusten einher. Entscheidungen bezüglich der zukünftigen motorisierten Mobilität werden aber vor allem auf europäischer oder Bundesebene getroffen.

In der EMN muss erreicht werden, dass die aktuellen Mobilitätsanforderungen nicht 1:1 auf alternative Antriebe übertragen werden. Vielmehr gilt es, eine Vermeidung von MIV-Fahrten, den Ausbau der Fuß- und Radwege, eine intelligente Vernetzung der verschiedenen Verkehrsträger, aber auch ein Umdenken der Verkehrsteilnehmer voranzubringen. Das Auto muss vom Statussymbol zum Nutzfahrzeug werden.

### **Stärkung der Suffizienz**

Eine erfolgreiche Energiewende erfordert ein Umdenken und Umsteuern des Verhaltens bei jedem Einzelnen. Alle technologisch orientierten Maßnahmen müssen getragen werden von einem Überdenken unseres Konsumverhaltens und Lebensstils. Suffizienz – nur das nutzen, kaufen, herstellen, was nötig ist mit Blick auf globale Zusammenhänge – ist der Weg der Zukunft auch in der Metropolregion Nürnberg.

## **3 Bestandsanalyse**

### **3.1 Studien in der EMN**

Der Energieverbrauch, CO<sub>2</sub>- bzw. Treibhausgasemissionen der europäischen Metropolregion, sowie mögliche Effizienzpotenziale wurden bereits in verschiedenen Studien und Formaten untersucht und thematisiert. Neben den Untersuchungen der EAN war die Entwicklung in der europäischen Metropolregion Thema von studentischen Arbeiten an der TH Nürnberg und Untersuchungen der N-ERGIE AG, unter anderem im Accelerator-Workshop sowie in einer Vielzahl von Veranstaltungen der EMN und des Klimabündnisses.

In der EMN haben die meisten größeren Städte und Landkreise bereits integrierte Klimaschutzkonzepte und die kleineren Gebietskörperschaften Energienutzungspläne und/oder Energiekonzepte erstellt.

### **3.2 Auswertung der Fragebögen an die Gebietskörperschaften**

Um einen Überblick über bereits durchgeführte und geplante Maßnahmen der Gebietskörperschaften der EMN zu bekommen, wurden an alle kreisfreien Städte und Landkreise Fragebögen versandt. Abgefragt wurden neben Wärmenetzen und Aktivitäten zur Gebäudeeffizienz auch sonstige durchgeführte Maßnahmen im Bereich Energieeffizienz und Klimaschutz. Von 34 angeschriebenen Gebietskörperschaften haben 14 Gebietskörperschaften den Fragebogen zurückgeschickt.

### 3.2.1 Wärmenetze

Für den Bereich der zentralen Wärmeversorgung wurden 117 einzelne Wärmenetze gemeldet, mit einer Wärmeleistung zwischen 100 kW und 900 MW. In den großen Städten werden überwiegend neben Erdgas und Abwärme der Müllverbrennung auch Hackschnitzel, Biomethan und in geringem Maße noch Kohle verfeuert.

Die kleineren bzw. ländlicheren Wärmenetze werden überwiegend mit Biogas und Hackschnitzeln, einige auch mit Erdgas, betrieben. Dabei erzeugen die (Bio-)Gasanlagen neben der Wärme auch Strom in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen.

Während die großen Fernwärmenetze bereits seit Jahrzehnten bestehen, wurde ein Großteil der kleineren Wärmenetze ab 2000 bzw. 2010 errichtet. Viele der älteren Anlagen wurden im Lauf der Zeit auf erneuerbare Energien umgestellt.

### 3.2.2 Gebäudeeffizienz

Im Bereich der Gebäudeeffizienz wurden deutlich weniger Maßnahmen gemeldet. Abgefragt waren vor allem Nichtwohngebäude oder Wohnsiedlungen, die im Passivhausstandard oder vergleichbar errichtet wurden oder Gebäude, deren Wärmebereitstellung besonders energieeffizient und/oder innovativ bereitgestellt wird.

Es wurden insgesamt drei Wohnsiedlungen gemeldet, deren Energieverbrauch und -produktion bereits in der Planungsphase energetisch optimiert wurden. Ein weiteres Gebiet ist in Bau/Planung.

Bei den kommunalen Gebäuden gab es zum Thema Gebäudeeffizienz zehn Rückmeldungen, die zum Teil aber für den Neubau oder die energetische Sanierung von mehreren kommunalen Gebäuden stehen. Überwiegend wurden Kindergärten/ Kindertagesstätten und Verwaltungsgebäude im Passivhausstandard oder vergleichbarem Standard errichtet.

Auch Wohnungsunternehmen haben die energetische Sanierung ihres Wohnungspools gemeldet. Bei einigen Unternehmen finden sich Strategien und Leitlinien für den Neubau und die Sanierung der Bestandsgebäude. Einige dieser Projekte dienen als Leuchttürme und wurden für ihre herausragenden Konzepte in Wettbewerben ausgezeichnet.

### 3.2.3 Sonstige Maßnahmen

Unter den sonstigen Maßnahmen wurde neben verschiedenen Stromerzeugungsanlagen - teilweise auf kommunalen Gebäuden - auch über die Einführung eines kommunalen Energiemanagements (KEM) berichtet. KEM ist die permanente Überwachung und Optimierung des Energie- und Wasserverbrauchs kommunaler Gebäude, wobei der Fokus auf der Optimierung der vorhandenen Technik liegt. Großinvestitionen werden zwar angesprochen, sind aber nicht Hauptziel des KEM.

Im Verkehrssektor entstanden verschiedene Konzepte (Radverkehr und Elektromobilität), Umrüstung von Lichtsignalanlagen und Straßenbeleuchtung auf LED-Technik sowie der Ausbau bzw. die Taktverdichtung des ÖPNV, Überdachung von Stellplätzen mit integrierter solarer Nutzung und Eigenstromversorgung für die Ladesäulen. Auch die Umstellung einer Tankstelle von Erdgas auf Ökogas wurde genannt.

Zudem wurde in der EMN die Ladeinfrastruktur für Elektromobilität insbesondere in den letzten 4 Jahren stark ausgebaut und es bestehen Pläne zum weiteren Ausbau. Einige Kommunen bieten im Rahmen von Carsharingprojekten Elektroautos an.

### 3.3 Ausgangssituation in der EMN

Auch wenn im vorliegenden ENP nicht die Entwicklung der Vergangenheit fortgeschrieben wird, ist es doch wichtig, diese Entwicklung in die Überlegungen einzubeziehen. Für die Darstellung der Ausgangssituation kann auf verschiedene Studien der letzten Jahre zurückgegriffen werden. Diese zeigen auf, dass der Energieverbrauch für Strom und Wärme seit 1990 angestiegen ist, wobei die letzte Aktualisierung aus dem Jahr 2015 herangezogen wurde.

Dabei zeigt sich, dass der Anteil der KWK am Stromverbrauch von 1990 bis 2015 von 4,6% auf über 27% zugenommen hat. Der Anteil der erneuerbaren Energien ist ebenfalls von 1990 2,3% auf über 35% bis 2015 angestiegen. Auch der Anteil der Fernwärme am Wärmeverbrauch erreicht einen Wert von 3,85 Millionen MWh und einen Anteil von 7,5%. Die Sanierungsquote verharrt auf einem Wert knapp unter 1%. Die Treibhausgasemissionen in der europäischen Metropolregion haben sich in den letzten Jahren stetig verringert. Auf Basis des Ausgangswertes aus dem Jahr 1990 konnte bis 2015 eine Reduktion um knapp 20% erreicht werden. Genauere Werte sind in nachfolgender Tabelle zu finden:

Tabelle 3: EMN Endenergiebilanz 2015 (aktualisierte Werte)<sup>1</sup>

Endenergiebilanz der Metropolregion	1990 aktual.	2013 aktual.	2015	Prognose Bedarf 2020	Prognose Bedarf 2030	Prognose Bedarf 2040	Prognose Bedarf 2050	Ziel 2050 (gem. alter Tabelle)
Endenergieverbrauch in Mio. MWh (Strom und Wärme)	65,97	69,10	69,74	69,32	64,75	60,5	57,67	40
Stromverbrauch in Mio. MWh	18,89	20,15	19,49	21,3	21,46	21,63	21,87	17,2
Anteil KWK-Strom am Stromverbrauch	4,6%	24,9%	27,3%	27,0%	35,4%	24,0%	12,8%	ca. 27%
Anteil EE am Stromverbrauch	2,3%	27,4%	35,6%	29,6%	31,2%	30,0%	28,0%	ca. 80% (EMN- intern + extern)
<b>Wärmeverbrauch in Mio. MWh</b>	<b>47,08</b>	<b>49,81</b>	<b>51,54</b>	<b>49,79</b>	<b>45,16</b>	<b>40,77</b>	<b>37,63</b>	<b>22,8</b>
Fernwärme in Mio. MWh (fossile KWK, zentral und dezentral)	2,19	3,66	3,85	3,94	3,71	3,55	3,38	4,1
EE KWK-Wärmeezeugung in Mio. MWh		2,40	2,70	2,40	2,30	1,80	1,40	5
Wärme EE in Mio. MWh (ohne EE KWK)	1,80	7,80	8,06	7,86	8,24	8,37	8,44	6,8 (30% Σ Wärme)
Gasverbrauch in Mio. MWh	18,56	21,78	22,91	23,19	20,32	17,79	15,91	5,7
<b>Energetische Sanierungsquote</b>	0,6%	0,9%	0,9%	0,9%	1,2%	2,0%	2,0%	

<sup>1</sup> In der Tabelle wurden die Daten des Jahres 2013 teilweise angepasst

CO <sub>2</sub> -Bilanz der Metropolregion	1990	2013	2015	Prognose Bedarf 2020	Prognose Bedarf 2030	Prognose Bedarf 2040	Prognose Bedarf	Ziel 2050
Gesamtemissionen CO <sub>2</sub> in Mio. t (witterungsbereinigt/ohne Verkehr)	23,98	19,90	19,31	19,18	15,48	11,86	10,01	10,01
Pro-Kopf-Emissionen CO <sub>2</sub> (witterungsbereinigt/ ohne Verkehr)	7,20	5,75	5,50	5,44	4,46	3,47	2,98	ca. 1,05
Pro Kopf Emissionen Verkehr (Personen-MIV) in tCO <sub>2</sub>		1,71	1,74	1,49	1,18	0,78	0,41	
Emissionen Landwirtschaft in tCO <sub>2</sub> Äquivalente in Mio t		5,20	5,33	5,10	5,00	4,80	4,70	

Die wichtigsten Informationen der Ausgangslage werden in den nachfolgenden Abbildungen nochmals dargestellt. Die Darstellung der Entwicklung der wichtigsten Parameter in der EMN zeigt auf, dass in den Bereichen des Bruttoinlandsproduktes zwischen 1990 und 2015 eine Verdoppelung stattgefunden hat. Diese positive und wichtige wirtschaftliche Entwicklung in der EMN zeigt natürlich Auswirkungen auf Energieverbrauch und Emissionen. Auch die Wohnfläche hat sich in den letzten Jahren deutlich erhöht, ohne dass die Bevölkerung in gleichem Maß zugenommen hat. Diese Entwicklung führt zu einem immer höheren Wert der genutzten (und auch energetisch relevanten) Wohnfläche pro Kopf. Der Stromverbrauch konnte auf dem Wert von 1990 gehalten werden, der notwendige Rückgang hat somit nicht stattgefunden. Die in Zukunft notwendige Sektorkopplung (Wärme, Verkehr) wird den Stromverbrauch in Zukunft noch erhöhen.

Abbildung 1 Übersicht der wichtigsten Daten in der EMN 1990-2015

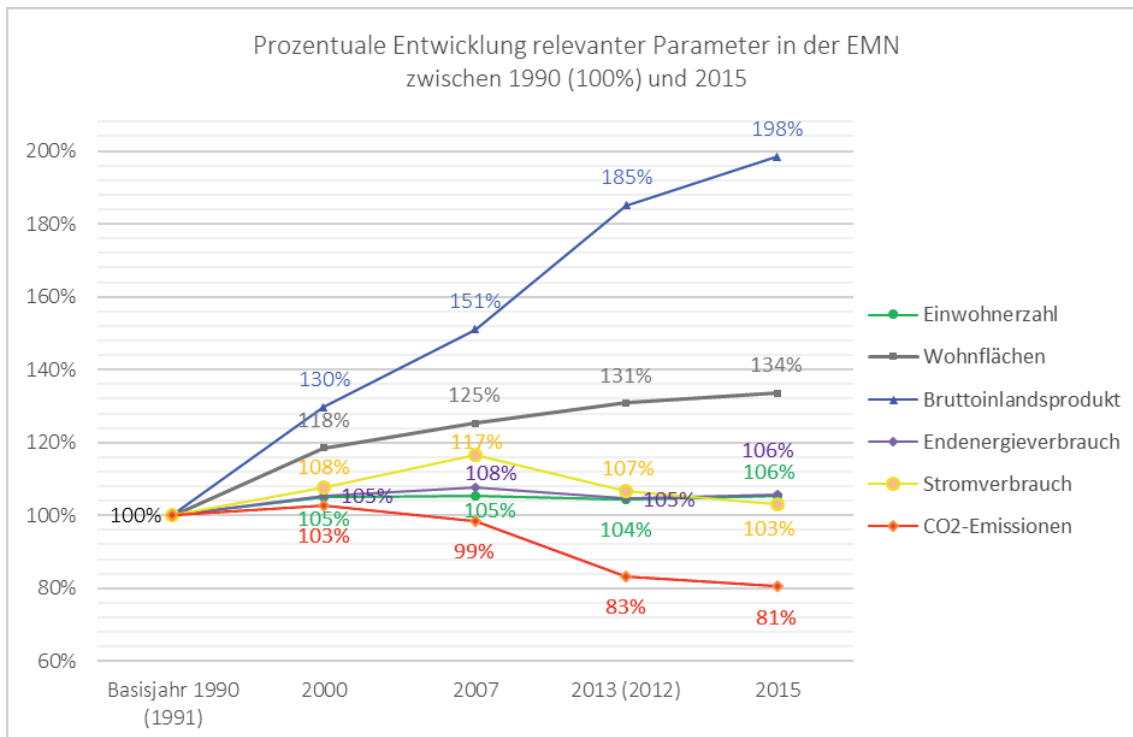
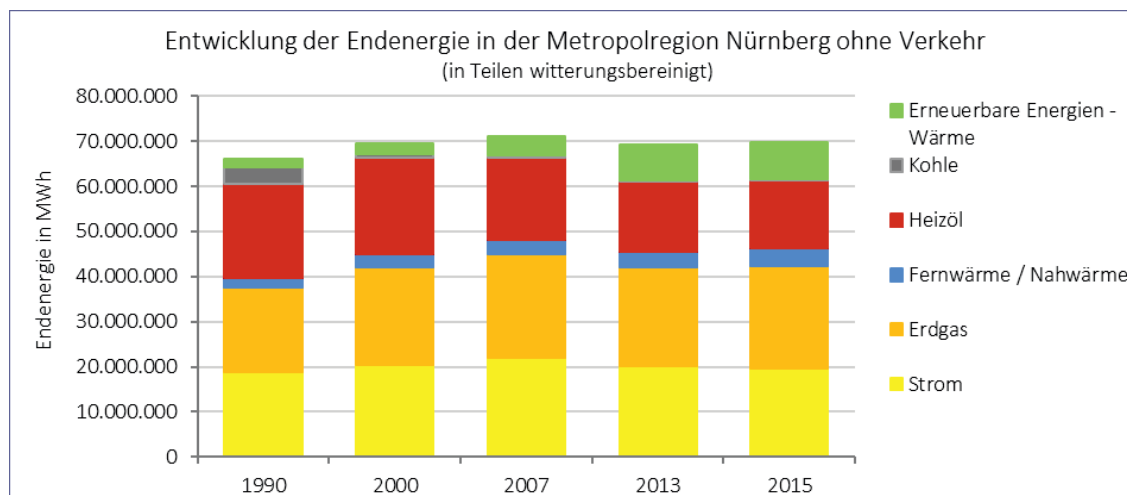


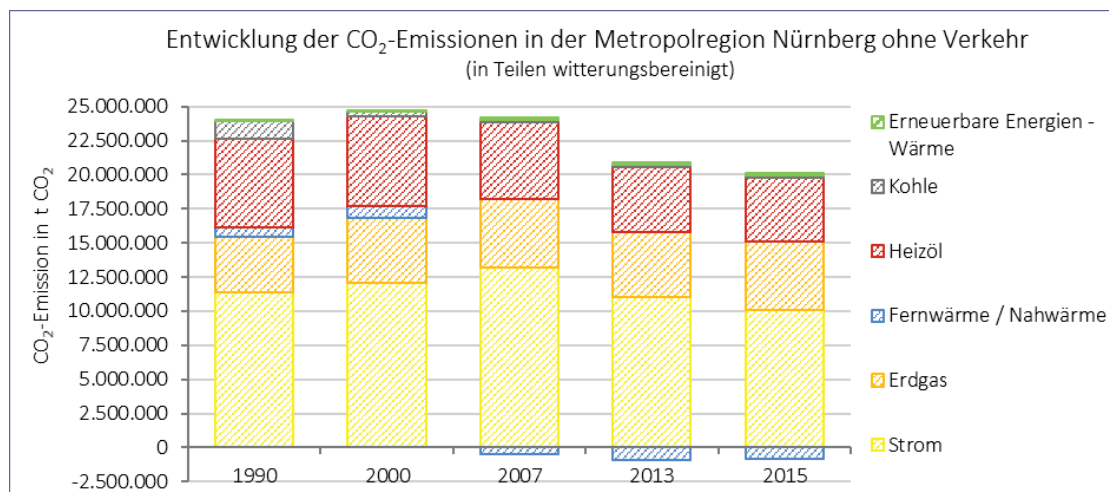


Abbildung 2 Endenergieverbrauch nach Energieträgern (ohne Verkehr)



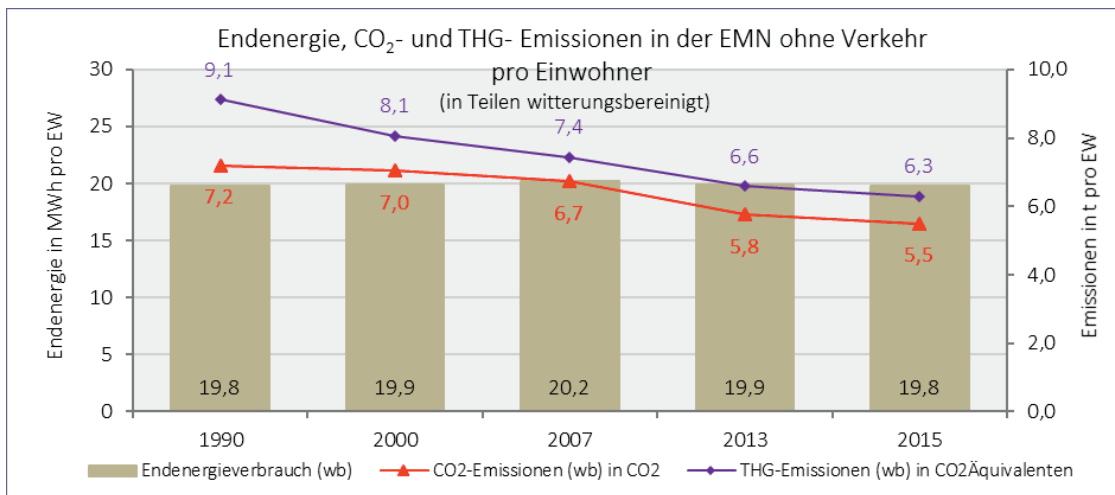
Der leichte Anstieg des Endenergieverbrauchs wurde bereits in der Übersichtstabelle beschrieben. In dieser Abbildung ist zu sehen, dass der Anteil der erneuerbaren Energien noch sehr gering ist. Der Anteil des Energieträgers Heizöl ist vor allem in den ländlichen Gebieten noch sehr hoch. Dies ist eine der zentralen Aufgaben in den nächsten Jahren, den Ölverbrauch massiv zurückzufahren und den Anteil der erneuerbaren Energien zu steigern. Die Anteile von Erdgas als fossiler Energieträger sind ebenfalls für eine Zielerreichung bis spätestens 2050 zu hinterfragen, allerdings bietet die Sektorkopplung die Möglichkeit, Erdgas in Zukunft durch erneuerbares P2Gas zu ersetzen. Aber auch hier ist davon auszugehen, dass der aktuelle Anteil von Erdgas deutlich zurückgefahren werden und durch erneuerbare Energien ersetzt werden muss.

Abbildung 3 Entwicklung CO<sub>2</sub> Emissionen ohne Verkehr



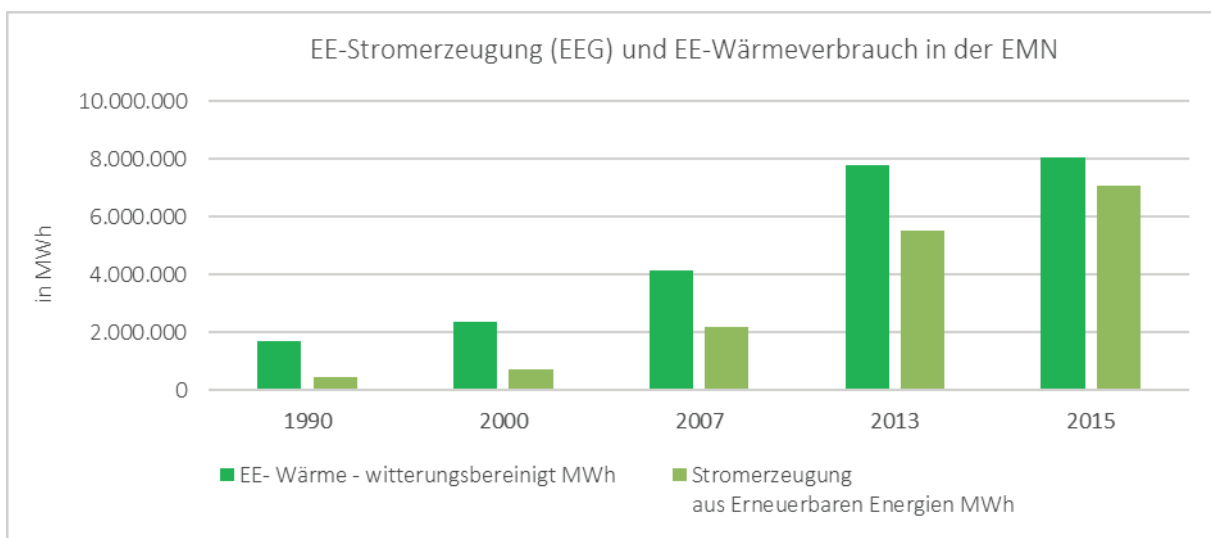
Die Entwicklungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen sind ebenfalls in der Übersichtstabelle beschrieben worden, allerdings zeigt die Detailgrafik die Dominanz des Stroms. Aufgrund des Rückgangs der anderen Energieträger seit 1990 hat Strom deutlich an Gewicht zugenommen, trotz des stetigen Anstiegs der erneuerbaren Energien in diesem Bereich sind die spezifischen Emissionen noch nicht entscheidend genug gesunken. Die negativen Emissionen der Fernwärme entstehen durch eine Stromgutschrift auf die Wärmebereitstellung. Durch die Umstellung auf ein neues Bilanzierungsverfahren werden diese negativen Werte in Zukunft nicht mehr auftauchen.

Abbildung 4 Entwicklung Endenergie, CO<sub>2</sub> und THG pro Einwohner



Die spezifischen Emissionen sind in der EMN stärker gesunken als die absoluten Emissionen, da die EMN ein Bevölkerungswachstum von ca. 6% im Zeitraum 1990 - 2015 aufweist. Die Absenkung der Treibhausgasemissionen pro Kopf ist höher als bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen. Dies liegt an einer geringfügig anderen Entwicklung der Faktoren für die Bereitstellung von elektrischer Energie.

Abbildung 5 Gegenüberstellung EE Strom und Wärme



Wie auf gesamtdeutscher Ebene ist auch in der EMN die Stromproduktion mit erneuerbaren Energien im Zeitraum 1990 bis 2015 deutlich angestiegen. Allerdings sind die Anteile zwischen EMN und Bundesrepublik unterschiedlich verteilt. Windkraft spielt in der EMN nur eine untergeordnete Rolle, dafür ist ein höherer PV-Anteil zu verzeichnen.

#### 4 Wärmekataster

Für die Gemeinden der europäischen Metropolregion wurde ein Wärmekataster erstellt, in dem der gesamte Wärmeverbrauch der Gemeinden grafisch dargestellt und verortet wurde. Aufgrund der Vielzahl an Städten und Gemeinden war ein automatisiertes Vorgehen notwendig. Auf Basis von Alkis-Daten

des Landesamtes für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, Bayrische Vermessungsverwaltung wurde eine siedlungsbezogene Wärmebedarfsermittlung des Betrachtungsgebietes durchgeführt. Dabei wurde einzelnen Gebieten entsprechend ihrer städtebaulichen Merkmale spezifische Wärmebedarfswerte zugeordnet und mittels einer GIS-Software kartographisch dargestellt. Bei den Ergebnissen handelt es sich um rein statistische Kenngrößen, denen kein realer Verbrauch zu Grunde liegt. Der Anwendungsbereich der Kartendarstellung dient einer übergeordneten, strategischen Grundlagenplanung und ersetzt kein detailliertes, gebäudescharfes Wärmekataster. Die Erstellung des Wärmekatasters erfolgte „kommunenscharf“. So konnten auch grundlegende Aussagen zum Aufbau von zentralen Wärmeversorgungsgebieten getroffen werden. Dabei werden zwei unterschiedliche Ansätze dargestellt:

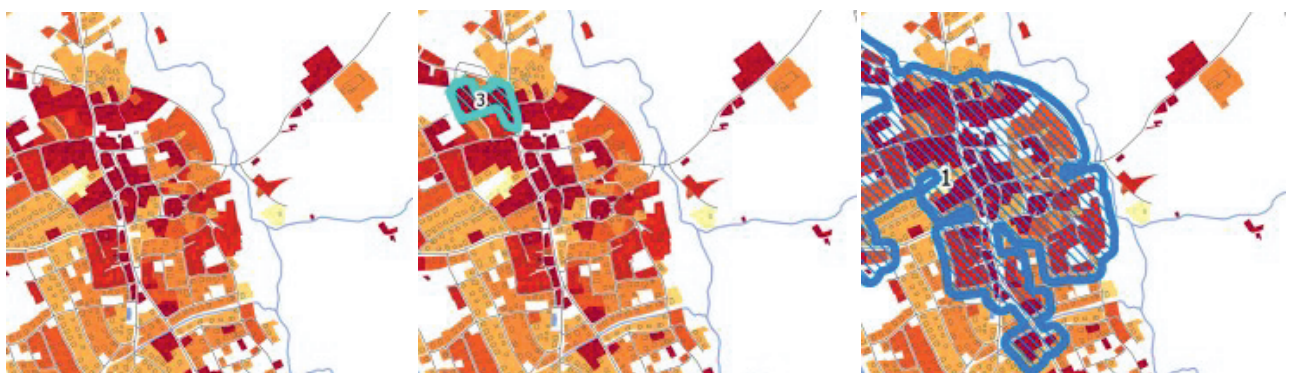
- Wärmeverbund
- Fernwärmegebiet

Beides wird im Folgenden näher erläutert.

#### 4.1 Gemeindedatei Wärmekataster

Für jede Kommune wurden maximal drei Karten des Gemeindegebietes im PDF-Format mit den dazu gehörigen Attributtabelle(n) (csv-Format) sowie ein Wärmesteckbrief erstellt. Ausgangspunkt ist die Karte mit dem spezifischen Wärmebedarf. Wenn es die Ergebnisse zulassen, erhält die Kommune noch jeweils eine Karte mit Tabelle zu Wärmeverbund- und Fernwärmegebieten. Insbesondere bei kleineren Kommunen ist aber teilweise kein Potenzial für Fernwärmegebiete vorhanden. Die in der Karte dargestellte Wärmebedarfsdichte ist ein Maß für die Wärmenachfrage des Gebäudebestandes, bezogen auf die Fläche einzelner Siedlungsgebiete. Die sogenannte „Siedlungsbezogene Wärmebedarfsermittlung“ ermittelt den statistischen Wärmebedarf für ganze Siedlungseinheiten, die je nach Nutzung bestimmten Siedlungstypen zugeordnet sind. Diese Betrachtungsweise ist zwar nicht gebäudescharf, schafft aber einen ersten Überblick über Verbrauchsschwerpunkte im Gemeinde- oder Stadtgebiet.

Abbildung 6: Kartenbeispiel (Ausschnitt): Wärmebedarfsdichte, Wärmeverbund; Fernwärme



Darauf aufbauend wird das Potenzial für Wärmeverbund- und Fernwärmegebiete ermittelt. Wärmeverbundgebiete umfassen meist wenige Gebäude mit großen Verbrauchern, Fernwärmegebiete erstrecken sich im Gegensatz dazu über eine weitaus größere Fläche. Meist sind in Fernwärmegebieten auch potenzielle Ausbaugelände für Wärmeverbundlösungen enthalten.

Im Wärmesteckbrief werden Fläche und Wärmebedarf je Siedlungsgebiet sowie Wärmebedarf je Wärmeverbund bzw. je Fernwärmegbiet dargestellt.

## 4.2 Ergebnis für Metropolregion

Das Wärmekataster gibt einen ersten Überblick über die Verteilung des Wärmeverbrauchs im Gemeindegebiet.

Es dient vor allem dazu, den wichtigen Bereich der zentralen Wärmerversorgung/Wärmeverbund zu verstärken. Dies ist wichtig, da zentrale Wärmeversorgungsnetze in Zukunft viele Vorteile bei der Erfüllung der vor uns liegenden Herausforderungen haben. Daher ist es auch eines der zentralen Ziele in der EMN, die zentrale Wärmeversorgung um den Faktor vier auszubauen, was nicht nur für den urbanen Raum, sondern auch für ländliche Gebiete zutrifft. Zentrale Wärmenetze ermöglichen oft kostengünstigeren Einsatz innovativer Technologien. Gerade der zentralen Kraft-Wärme-Kopplung wird im Winter eine wichtige Versorgungsoption zufallen, wobei der Primärenergieträger aus erneuerbaren Quellen (Biogas, Bioerdgas) bestehen kann. Da somit im Winter eine gesicherte Strombereitstellung zur Verfügung steht, kann auf die Versorgungsschwankungen der Wind- und Sonnenenergie reagiert werden.

Aufgrund der Größe des zu untersuchenden Gebietes werden in dieser Studie nicht die Detailergebnisse jeder Gebietskörperschaft dargestellt. Jede Gemeinde hat aber die Möglichkeit, auf die erhobenen Daten zuzugreifen und sie für weitere Untersuchungen zu verwenden. So kann das vorliegende Datenmaterial sehr gut für einen detaillierten Energienutzungsplan (ENP) in der jeweiligen Gebietskörperschaft genutzt werden. In einem ENP kann das Potenzial zum Aufbau einer zentralen Wärmeversorgung konkretisiert und eine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung mit technischer Machbarkeit dargestellt werden.

## 5 Entwicklungsszenarien, Effizienzpotenziale

Das Erreichen von definierten Klimaschutzziele wird von zwei grundlegenden Faktoren bestimmt. Einerseits die Entwicklung des Energiebedarfes der Gebietskörperschaft, wenn weniger Energie verbraucht wird, sinken auch die THG-Emissionen. Der zweite relevante Aspekt ist der Einsatz erneuerbarer Energieträger, die deutlich niedrigere spezifische Emissionen aufweisen.

Bei einem überwiegenden Einsatz von erneuerbaren Energien reduziert eine Verringerung des Energiebedarfs die vorhandenen Emissionen nicht mehr signifikant. Es ist jedoch entscheidend, dass bei einem geringeren Energiebedarf der notwendige regenerative Anteil mit weniger Erneuerbaren Energien erreicht werden kann. Die Bereitstellung erneuerbarer Energien wird bei steigendem Einsatz immer aufwendiger und steht in Konkurrenz zu anderen essenziellen Aspekten wie Artenvielfalt, Flächenschonung, Naturschutz und Ressourcenknappheit.

### 5.1 Entwicklung der Sektoren

Um die Rahmenbedingungen abzuklären, unter denen die THG-Emissionen der EMN bis 2050 um über 90% verringert werden können, wurden für die Sektoren Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie

(GHDI), private Haushalte (HH) und Verkehr je drei Hauptszenarien I bis III berechnet. Die Szenarien bilden eine unterschiedliche Entwicklung/ Reduktion des Energieverbrauchs ab, in den Sektoren GHDI und Haushalte wurden zudem drei verschiedene Unterszenarien simuliert, die eine unterschiedliche Energieträgerverteilung darstellen. Das Unterszenario „Mix“ sieht eine Weiterführung des aktuellen Energieträgermixes vor. Hier gibt es auch 2050 noch einen nennenswerten Anteil von fossilen Energieträgern. Die Verteilungen „erneuerbar“ und „Strom“ sehen dagegen eine nahezu vollkommen auf erneuerbare Energieträger basierende Energieversorgung vor. Einmal liegt der Fokus etwas mehr auf den erneuerbaren Energieträger im Wärmebereich und einmal mehr auf dem Einsatz von Strom. In allen Szenarien und bei allen Energieträgerverteilungen wird von einer komplett erneuerbaren Stromversorgung ausgegangen. Dies hat eine massive Verbesserung des Emissionsfaktors zur Folge und ist verantwortlich für einen Großteil der Emissionsreduktion bis 2050. Aufgrund der größeren Verfügbarkeit von erneuerbarem Strom im Vergleich zu erneuerbarer Wärme, mit Ausnahme von Umweltwärme, ist auch bei den Wärmeanwendungen Strom in Verbindung mit Wärmepumpen bei allen (erneuerbaren) Varianten der wichtigste Energieträger bzw. die wichtigste Versorgungstechnik.

Um den signifikanten Ausbau der erneuerbaren Energien zu befördern, ist ein starker Ausbau von Wärmenetzen notwendig, da in Wärmenetzen erneuerbare Energien kostengünstiger und effizienter eingesetzt werden können. Als Zielwert wird für 2050 ein Anteil von mindestens 25% der Wärmeversorgung über Wärmenetze als Durchschnittswert in der Metropolregion angesetzt. Dies bedeutet, dass in verdichteten Gebieten der Anteil von Wärmenetzen deutlich höher sein wird.

Der volatilen Erzeugung erneuerbaren Stroms muss mit verschiedenen Maßnahmen Rechnung getragen werden. Durch einen geeigneten Mix verschiedener Erzeugungsarten, Windkraft hat in den Wintermonaten ein höheres Potenzial, Photovoltaik in den Sommermonaten, können Schwankungen teilweise ausgeglichen werden. Ein weiteres entscheidendes Regulativ ist ein länderübergreifender Stromverbund. Wenn Heizungsanlagen, unabhängig ob für Einzelgebäude oder Wärmenetze, in Zukunft nicht mehr monovalent betrieben werden, können Erzeugungsspitzen beim Strom kostengünstig als Wärme gespeichert werden und teilweise Biomasse für Zeiten mit begrenzter Stromerzeugung aufgespart werden. Die notwendigen Pufferspeicher sind bei Biomasseheizungen und Wärmenetzen in der Regel bereits vorhanden. Dieses Speichermanagement ist in Wärmenetzen effizienter zu betreiben als bei Einzelheizungen.

Eine detaillierte Berücksichtigung der Verfügbarkeit von Strom sowie eine Überlagerung von Erzeugungsprofilen und Verbrauchsprofilen wurde nicht durchgeführt. Dies sind Aspekte, die in einem deutlich größeren Zusammenhang als der Metropolregion zu betrachten sind. Dennoch sind Speicher essenzielle Bausteine für eine geordnete Energieversorgung.

### 5.1.1 Sektor GHDI

Im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie sind auch die kommunalen Verbraucher mit ihren stationären Energieverbräuchen und Emissionen sowie die Verbräuche und energiebedingten Emissionen der Landwirtschaft enthalten. Die Verbräuche der jeweiligen Fahrzeugflotte sind dem Verkehr zugeordnet.

Für die Ausgestaltung der einzelnen Szenarien wurden folgende Parameter angesetzt.



Tabelle 4 Szenarien 2030, 2050 Parameter Sektor GHDl

GHDl Energiebedarf	Szenario I	Szenario II	Szenario III
2030 zu 2015	95%	91%	87%
2050 zu 2015	92%	81%	68%
GHDl Anteile Energieträger	Mix	erneuerbar	Strom
2030 Strom	42%	49%	49%
Erdgas/ PTG	49%	39%	39%
2050 Strom	44%	66%	68%
Erdgas/ PTG	44%	6%	6%

Die einzelnen Szenarien I-III unterscheiden sich vor allem durch einen Rückgang des Endenergieverbrauchs, die Unterszenarien Mix, „erneuerbar“ und „Strom“ durch den unterschiedlichen Einsatz von Strom bzw. Erdgas/ PTG.

Tabelle 5 Szenarien 2030, 2050 GHDl Reduktion Endenergie und THG Emissionen

GHDl	2030			2050		
	Szenario I	Szenario II	Szenario III	Szenario I	Szenario II	Szenario III
Endenergie zu 1990	99%	97%	95%	95%	84%	70%
Emissionen zu 1990						
Mix	53%	52%	51%	22%	20%	17%
Erneuerbar	46%	45%	44%	11%	10%	8%
Strom	47%	46%	45%	11%	10%	8%

Eine Reduktion der THG-Emissionen um über 90% wird von den Szenarien III erneuerbar und Strom erreicht.

Die Reduktion des Endenergiebedarfs zeigt deutlich geringere Auswirkungen als der geänderte Energieträger Mix. Das Szenario I Mix erreicht bei einer Reduktion der Endenergie um 30% eine Reduktion der Emissionen um 83%. In den Szenarien I erneuerbar und Strom führt eine Reduktion der Endenergie um 5% zu einer Reduktion der Emissionen um 89%. Bei der Energieverteilung erneuerbar bzw. Strom liegt die Reduktion der Emissionen im Bereich von 90%, bei der Verteilung Mix im Bereich von 80%. Die deutlichen Reduktionen des Energiebedarfs führen zu vergleichsweise geringen Reduktionen der Emissionen in Bezug auf 1990. Dennoch ist eine Reduktion des Energieverbrauchs von immenser Wichtigkeit. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit erneuerbarer Energien in der EMN und der Ungewissheit in wie weit der Bedarf von erneuerbaren Energien von außerhalb der EMN, Deutschlands oder gar von außerhalb Europas nachhaltig gedeckt werden kann, ist es notwendig, den Energiebedarf soweit als möglich zu verringern, um eine möglichst hohe Deckungsrate zu erreichen. Zudem führt die zu einer Wertschöpfung innerhalb der Region und verhindert ansonsten anfallende Transportverluste.

Die für die Szenarien angesetzten Potenziale von erneuerbaren Energien können mit Ausnahme des Stroms auf dem Gebiet der EMN gedeckt werden. Beim Strom ist eine Deckungsrate im Szenario III von 87% möglich

Abbildung 7: Szenarien 2030 Endenergiebedarf, Emissionen GHDI

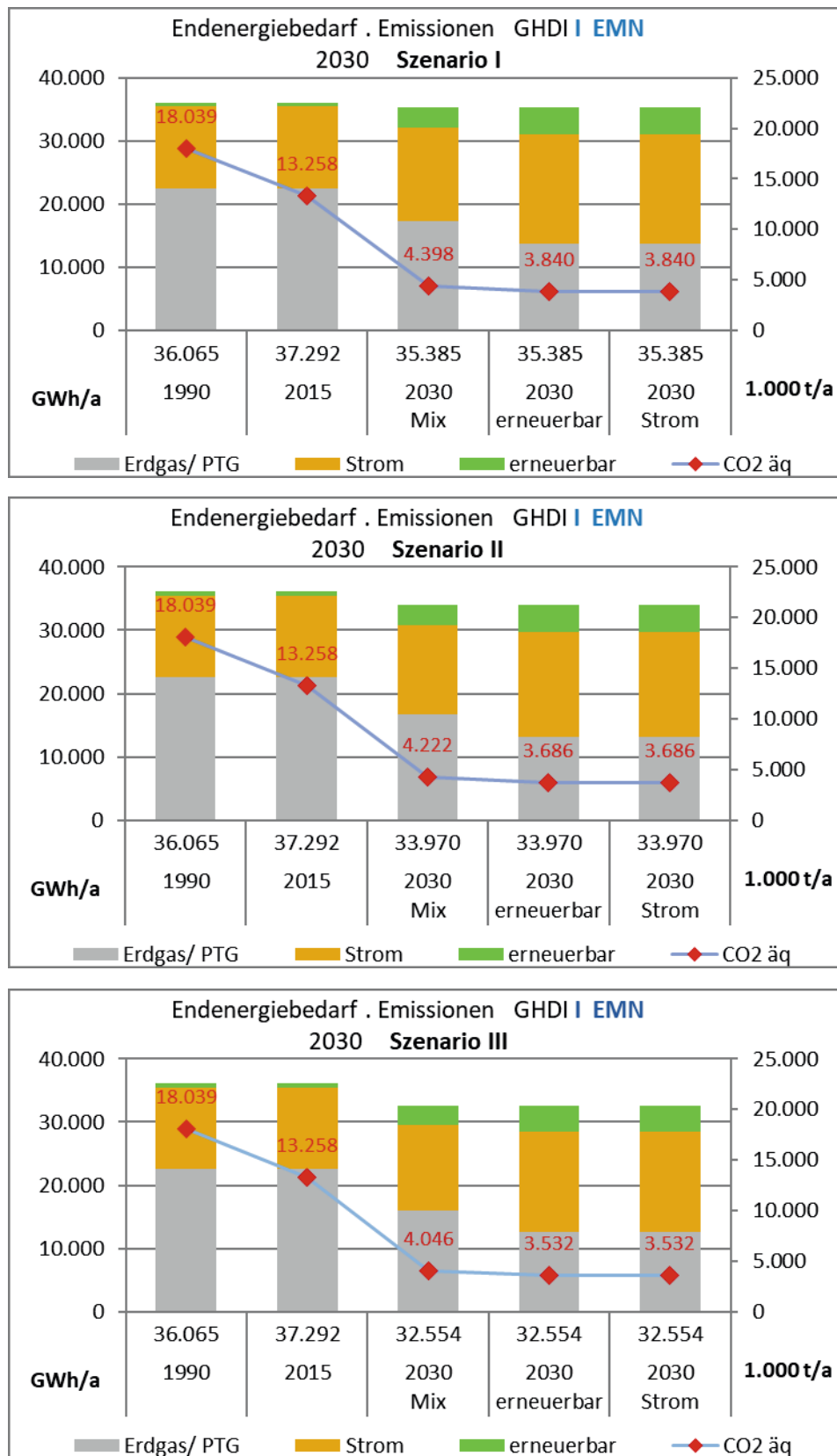
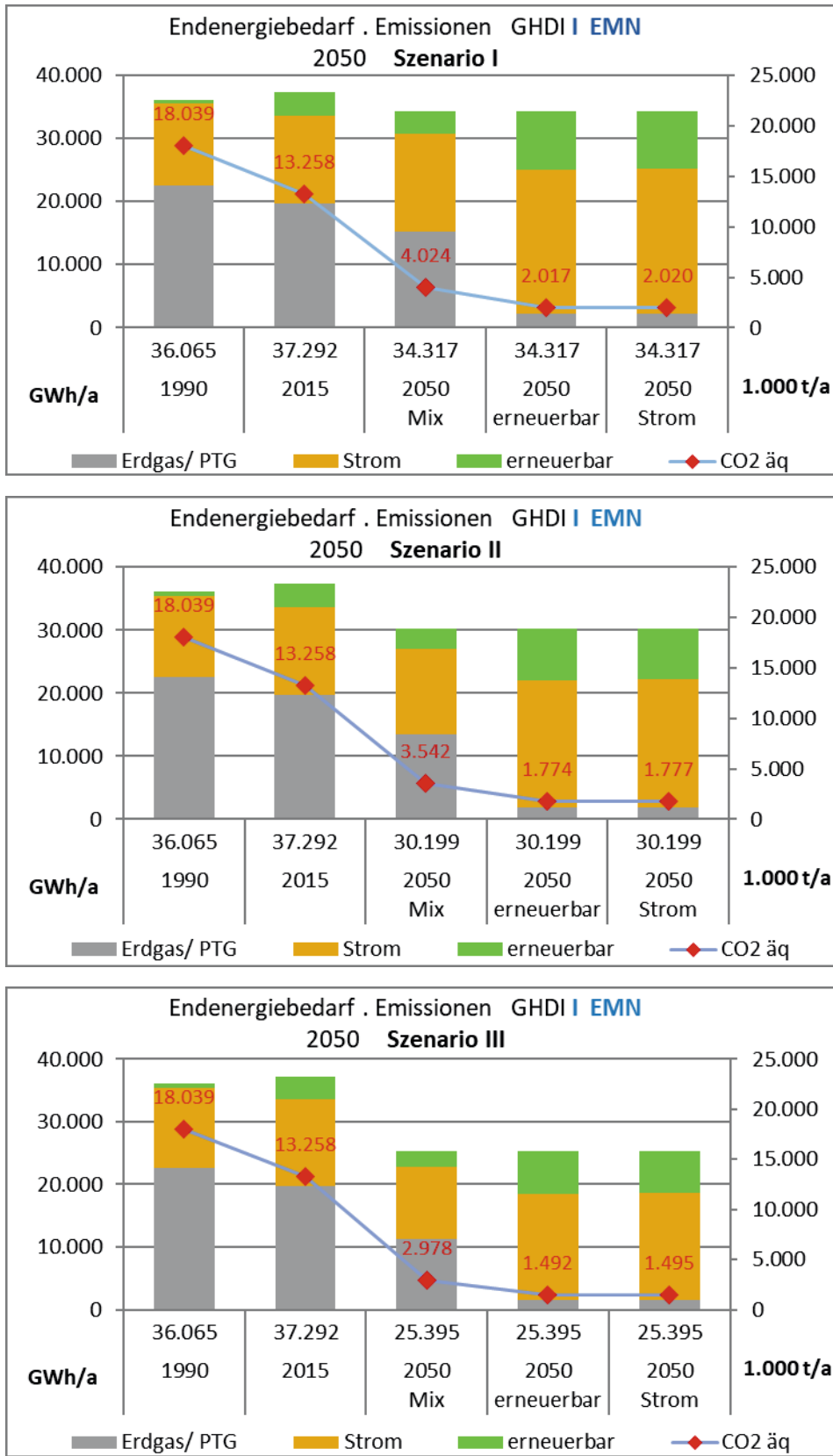


Abbildung 8: Szenarien 2050 Endenergiebedarf, Emissionen GHDI



### 5.1.2 Sektor Haushalte

Der Sektor Haushalte ist überwiegend durch den Bedarf an Heizwärme und Warmwasser bestimmt, auch wenn der Anteil mit zunehmender Sanierung des Gebäudebestandes abnimmt. In einem eigenen Berechnungstool wurden für diesen Bereich verschiedene Szenarien simuliert, wobei der Notwendigkeit zur Reduktion des Energiebedarfs wirtschaftliche Gegebenheiten gegenübergestellt wurden. In der Regel ist eine thermische Gebäudesanierung deutlich kostenintensiver als eine Erneuerung oder Umstellung der Heizungstechnik. Dies ist beim Ausfall der vorhandenen Anlage oftmals unumgänglich und wird dann nicht unter den Gesichtspunkten einer notwendigen Amortisation gesehen. Thermische Gebäudesanierungen unterliegen diesem Zwang sehr wohl. So sind einmal vollständig sanierte Gebäude und Gebäude, die aktuell gebaut wurden, unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten energetisch kaum mehr zu sanieren. Der energetische Zustand ließe sich nur mit hohem Kostenaufwand, der in keiner Relation zur erreichbaren Einsparung steht, die Gebäude sind ja schon „relativ gut“, verbessern. Die möglichen Einsparpotenziale sind also in dieser Hinsicht limitiert.

Für den Stromverbrauch, der nicht zur Bereitstellung von Heizwärme oder Warmwasser benötigt wird, wurden moderate Reduktionspotenziale hinterlegt, da die Effizienzsteigerungen der Anwendungen aktuell durch ein Mehr an Geräten und längere Laufzeiten überkompensiert werden.

Für die Ausgestaltung der einzelnen Szenarien wurden folgende Parameter angesetzt.

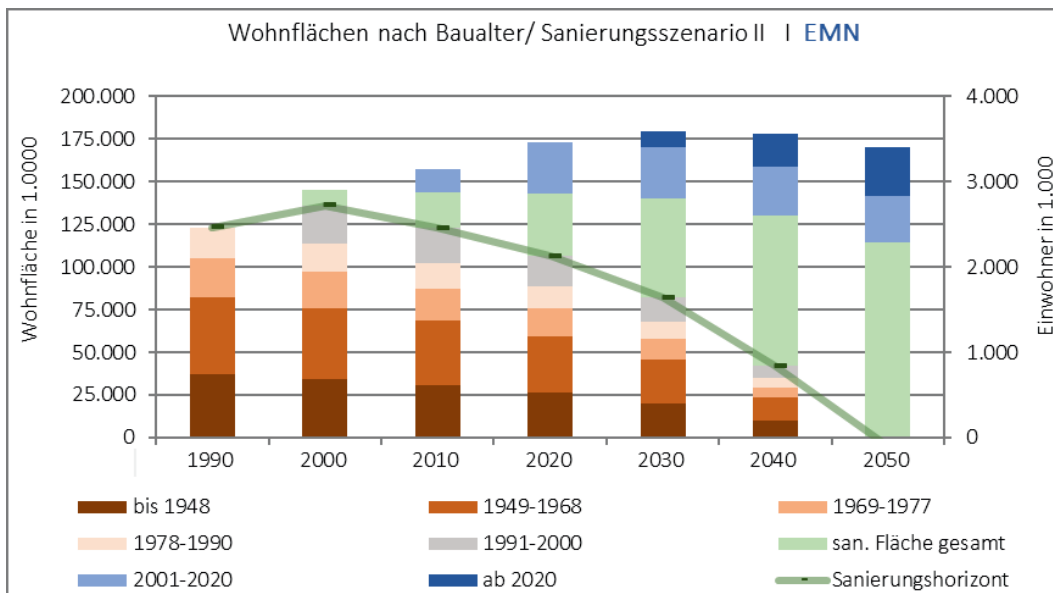
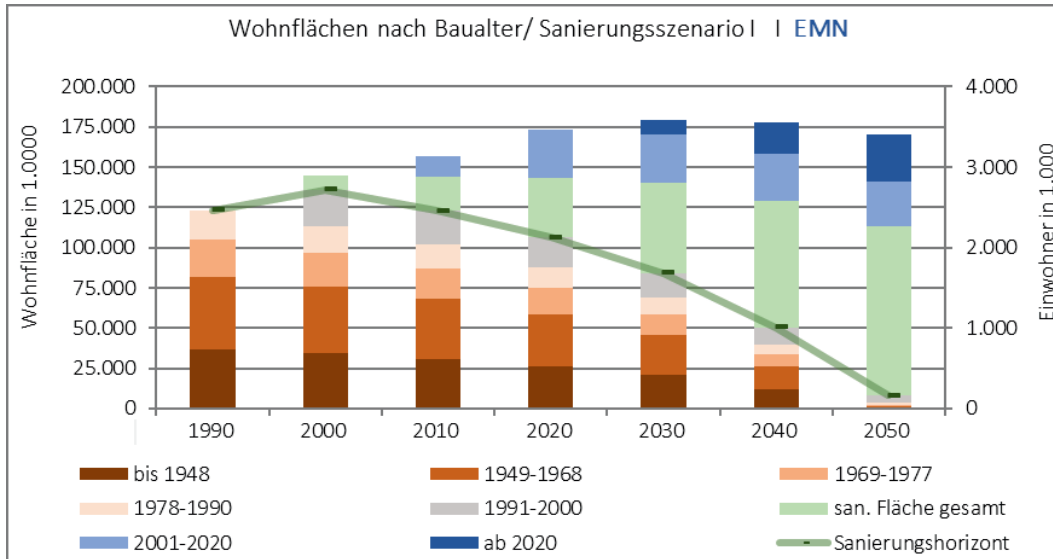
Tabelle 6 Szenarien 2050 Parameter Sektor Haushalte

Haushalte Energiebedarf, Parameter	Szenario I	Szenario II	Szenario III
Strom 2030 zu 2015	100%	98%	96%
HW + WW 2030 zu 2015	93%	91%	89%
Strom 2050 zu 2015	100%	95%	90%
HW + WW 2050 zu 2015	74%	69%	65%
Sanierungsquote	bis 1,5 %	bis 1,75 %	bis 2,0 %
Anteil Effizienzsanierungen	bis 20 %	bis 50 %	bis 80 %
Haushalte Anteile Energieträger	Mix	erneuerbar	Strom
2030 Strom	27%	29%	30%
Erdgas/ PTG	49%	39%	39%
2050 Strom	35%	46%	48%
Erdgas/ PTG	40%	4%	4%

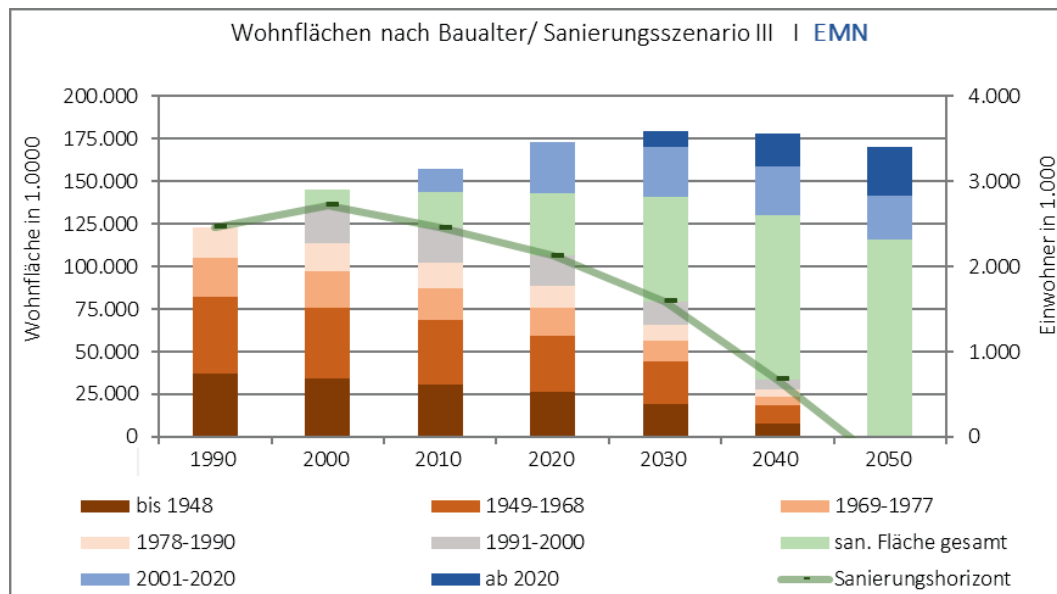
Über die Sanierungsquote wird der Anteil der Wohnflächen beschrieben, der pro Jahr bilanziell eine energetische Komplettanierung erhält. Die Anzahl der wirklich durchgeführten Sanierungen ist, da nicht immer die gesamte Gebäudehülle saniert wird, deutlich höher. Mit dem Anteil der Effizienzsanierungen wird beeinflusst, wieviel Energie und Emissionen pro Sanierung eingespart werden. Bei den im Szenario II angesetzte Sanierungsraten ist bereits vor 2050 die Anzahl der möglichen (wirtschaftlich darstellbaren) Sanierungen erschöpft. Die zusätzlichen Einsparungen im Szenario III ergeben sich aus dem höheren Anteil von Effizienzsanierungen. Die höhere Sanierungsrate im Szenario III bewirkt, dass die Reduktion der Endenergie und Emissionen früher eintreten.

Bei der Simulation der Sanierungsszenarien und des Potenzials an sanierbaren Gebäuden wird davon ausgegangen, dass aufgrund der hohen Kosten von energetischen Sanierungen diese nur dann durchgeführt werden, wenn innerhalb der Nutzungsdauer eines Bauteils eine annähernde Amortisation zu erwarten ist. Bei Gebäuden, die ab 2000 errichtet oder bereits hochwertig saniert wurden, ist dies kaum mehr der Fall. Die Potenziale von Gebäudesanierungen werden dadurch begrenzt. In Einzelfällen kann es natürlich zu weiteren energetischen Optimierungen kommen, wenn z. B. Bauteile aufgrund von Umbauten erneuert werden. Dies wurde in den Simulationen mit einer zweiten, deutlich niedrigeren Sanierungsquote und geringeren Einsparungen für Gebäude ab 2000 getrennt simuliert und berücksichtigt.

Abbildung 9: Szenarien 2050 Baualter Wohnflächen, Sanierungshorizont







Bei der Simulation des Sanierungshorizontes werden die Wohnflächen nach ihrem Baualter bzw. Sanierungsstandard eingestuft. Wohnflächen, die nach 2001 errichtet wurden oder komplett sanierte Wohnflächen werden über dem Sanierungshorizont eingeordnet. Die Flächen, die unter dem Sanierungshorizont liegen, stehen für eine energetische Gebäudesanierung noch zur Verfügung, die Flächen darüber nicht mehr.

Eine Reduktion der THG-Emissionen im Sektor Haushalte um über 90% wird von den Szenarien II und III erneuerbar und Strom erreicht. Die Reduktionen bei der Energieträgerverteilung Mix liegen im Bereich von 80%, die Reduktion bei den Energieträgerverteilungen erneuerbar und Strom im Bereich von 90%.

Tabelle 7 Szenarien 2030, 2050 Haushalte Reduktion Endenergie und THG Emissionen

Haushalte	2030			2050		
	Szenario I	Szenario II	Szenario III	Szenario I	Szenario II	Szenario III
Endenergie zu 1990	99%	97%	95%	79%	74%	69%
Mix	53%	52%	51%	21%	19%	18%
Erneuerbar	46%	45%	44%	10%	9%	8%
Strom	47%	46%	45%	10%	9%	9%

Auch hier zeigt sich, dass der Einsatz erneuerbarer Energieträger, vor allem Strom in Zusammenhang mit Wärmepumpen deutlich größere Auswirkung hat als die Reduktion des Energieverbrauchs. Die Reduktion der Endenergie von 31% im Szenario III Mix führt zu einer Reduktion der Emissionen von 82%, während bei Szenario I erneuerbar bzw. Strom bereits eine Reduktion von 21% zu einer Emissionsreduktion von 90% führt.

Eine deutliche Verringerung des Energieverbrauchs ist dennoch Voraussetzung zur Erreichung der Reduktionsziele, da das Potenzial von erneuerbaren Energien begrenzt ist. Die für die Szenarien angesetzten Potenziale von erneuerbaren Energien können mit Ausnahme des Stroms auf dem Gebiet der EMN gedeckt werden. Beim Strom ist eine Deckungsrate im Szenario III von 87% möglich.

Abbildung 10: Szenarien 2030 Endenergiebedarf, Emissionen Haushalte

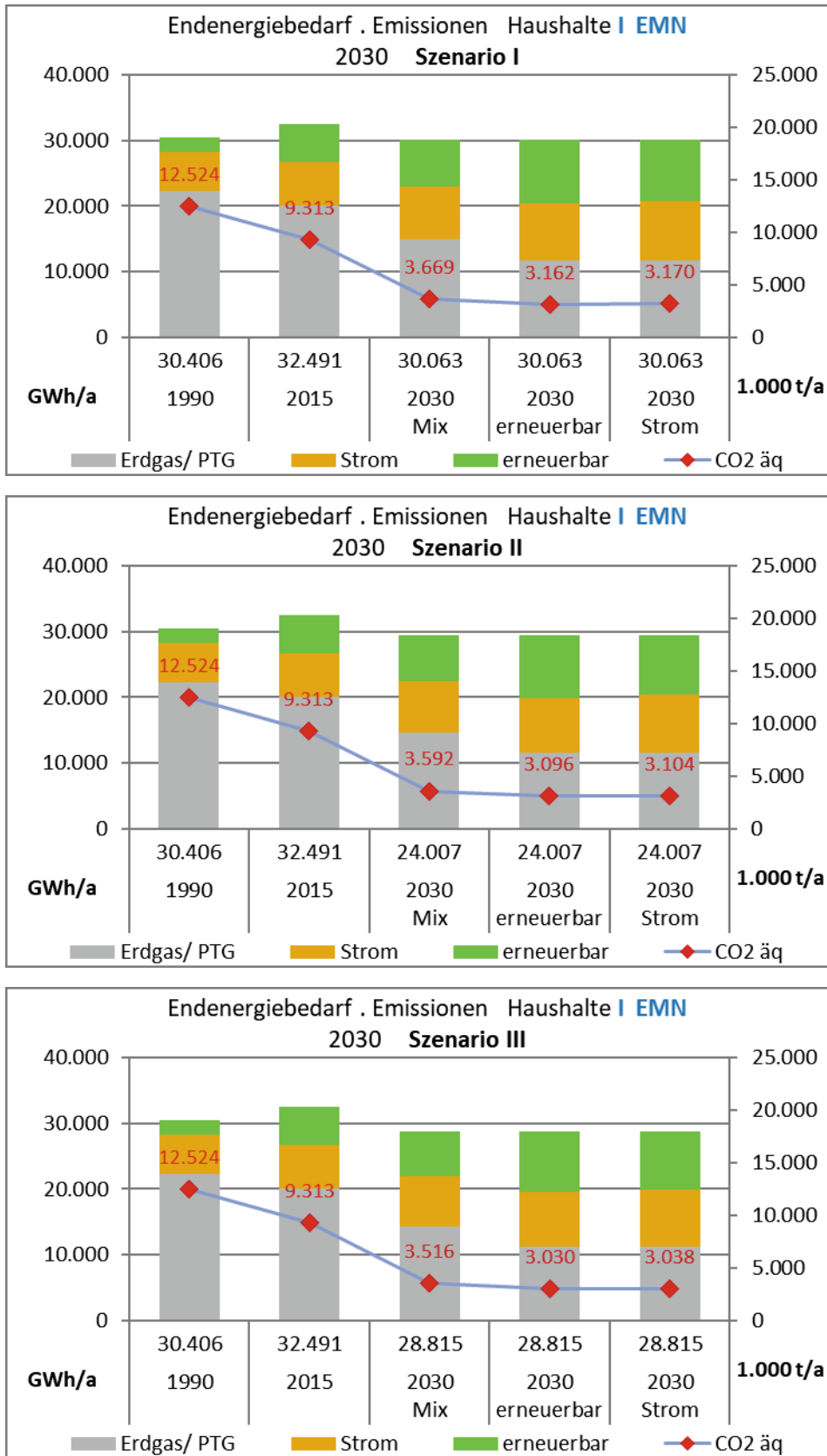
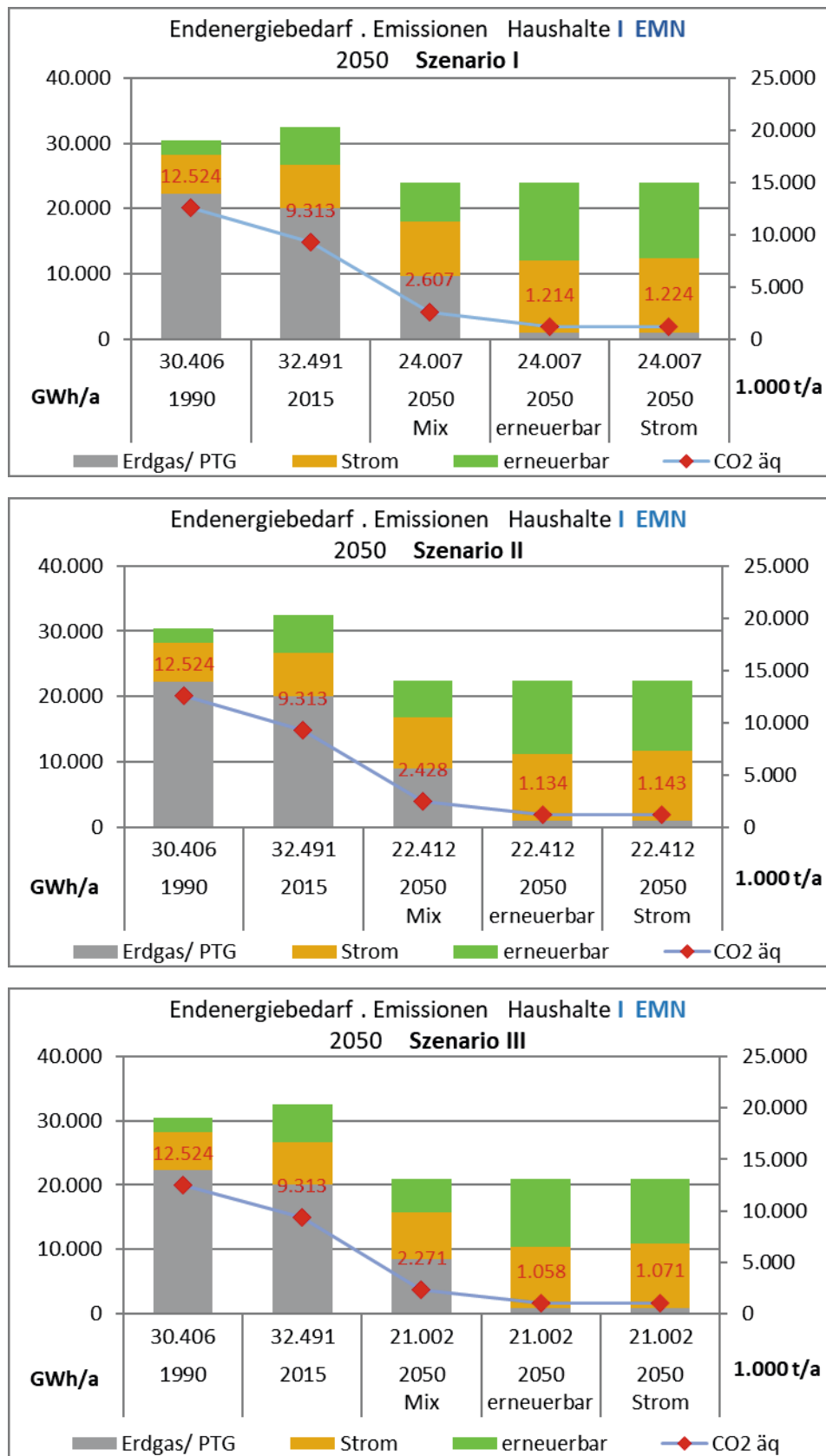


Abbildung 11: Szenarien 2050 Endenergiebedarf, Emissionen Haushalte



### 5.1.3 Sektor Verkehr

Im Sektor Verkehr liegen die Emissionen 2015 höher als 1990. Die in diesem Zeitraum erreichten Effizienzsteigerungen in der Antriebstechnik wurden durch einen massiv gestiegenen Mobilitäts- und Transportbedarf und einen Anstieg des Fahrzeuggewichtes überkompensiert. Ein Einsatz erneuerbarer Energien in einem nennenswerten Umfang fand nicht statt. Dennoch oder gerade deshalb besteht in diesem Sektor ein großes Reduktionspotenzial. Beim Verkehr spielt die Verkehrsvermeidung eine wichtige Rolle bei der Reduktion des Energiebedarfs und der THG-Emissionen.

Für die Szenarien wurde die Entwicklung der einzelnen Verkehrsträger für den Personenverkehr, motorisierter Individualverkehr (mIV), öffentlicher Personennahverkehr/ Bahn (ÖPNV/Bahn) und Flugverkehr sowie für den Güterverkehr, LKW-Verkehr, Bahngüterverkehr und Binnenschifffahrt einzeln simuliert. Da in diesem Sektor der Einsatz der Energieträger weniger frei wählbar ist als bei den stationären Verbrauchern, bzw. wenn er geändert wird, dies direkte Auswirkungen auf den Energiebedarf hat wurde eine unterschiedliche Energieträgerverteilung bereits in die Szenarien I-III eingearbeitet. Eine Effizienzsteigerung der Antriebstechnik wurde in allen Szenarien berücksichtigt.

Für die Ausgestaltung der einzelnen Szenarien wurden folgende Parameter angesetzt.

Tabelle 8 Szenarien 2030, 2050 Parameter Sektor Verkehr

Parameter Personenverkehr	2030			2050		
	Szenario I	Szenario II	Szenario III	Szenario I	Szenario II	Szenario III
Personenkilometer zu 2015	109%	109%	104%	100%	99%	79%
Anteil mIV	83%	82%	82%	83%	56%	56%
Anteil ÖPNV/ Bahn	15%	17%	17%	15%	42%	42%
Anteil Flugverkehr	2%	1%	1%	2%	1%	1%
Anteil Elektromobilität (Verbrauch)	7%	10%	10%	19%	81%	81%
Anteil EE an Treibstoffen	10%	15%	15%	20%	70%	90%

Parameter Güterverkehr	2030			2050		
	Szenario I	Szenario II	Szenario III	Szenario I	Szenario II	Szenario III
Tonnenkilometer zu 2015	121%	115%	115%	151%	81%	58%
Anteil LKW	74%	72%	72%	72%	55%	55%
Anteil Bahn	25%	26%	26%	27%	44%	44%
Anteil Schiff	2%	2%	2%	1%	1%	1%
Anteil Elektromobilität (Verbrauch)	11%	11%	11%	28%	38%	38%
Anteil EE an Treibstoffen	10%	15%	15%	20%	70%	90%

#### Szenario I Entwicklung bis 2050

**Personenverkehr:** Das Szenario I ist gekennzeichnet durch eine gleichgebliebene Verkehrsleistung und einen leicht zurückgegangenen Anteil des motorisierten Individualverkehrs. Die Elektromobilität ist leicht gestiegen, der Anteil an erneuerbaren Energieträgern im Treibstoff ist moderat.

**Güterverkehr:** Das Szenario I bildet den oftmals prognostizierten massiven Anstieg der Transportleistung ab. Die Verteilung der Verkehrsträger hat sich leicht zum Bahnverkehr verschoben, der Anteil der Elektromobilität beruht überwiegend auf dem Schienengüterverkehr, der Anteil an erneuerbaren Energieträgern im Treibstoff ist moderat.

Dies ergibt einen Rückgang des Energieverbrauchs (zu 1990) um 31% und der THG Emissionen um 52%.

Szenario II Entwicklung bis 2050

Personenverkehr: Die Verkehrsleistung reduziert sich minimal. Der Anteil des mIV geht deutlich zurück zugunsten von ÖPNV/ Bahn. Die Elektromobilität und der Anteil an erneuerbaren Energieträgern im Treibstoff steigen deutlich.

Güterverkehr: Die Transportleistung sinkt in Bezug zu 2015 relevant. Der Anteil des schienengebundenen Güterverkehrs steigt deutlich, dementsprechend auch der Anteil der Elektromobilität. Der Anteil an erneuerbaren Energieträgern im Treibstoff nimmt stark zu.

Dies ergibt einen Rückgang des Energieverbrauchs (zu 1990) um 64% und der THG Emissionen um 88%.

Szenario III Entwicklung bis 2050

Personenverkehr: Die Verkehrsleistung reduziert sich stark. Die Anteile der Verkehrsarten bleiben wie in Szenario II, ebenso der Anteil der Elektromobilität. Der Anteil an erneuerbaren Energieträgern im Treibstoff steigt nochmals.

Güterverkehr: Die Transportleistung reduziert sich in Bezug zu Szenario II, aber auch zu 2015 sehr deutlich. Die Anteile der Verkehrsarten bleiben zu Szenario II unverändert, ebenso der Anteil der Elektromobilität. Der Anteil an erneuerbaren Energieträgern beim Treibstoff steigt nochmals.

Dies ergibt einen Rückgang des Energieverbrauchs (zu 1990) um 72% und der THG Emissionen um 92%.

Tabelle 9 Szenarien 2030, 2050 Verkehr Reduktion Endenergie und THG Emissionen

Verkehr	2030			2050		
	Szenario I	Szenario II	Szenario III	Szenario I	Szenario II	Szenario III
Endenergie zu 1990	101%	96%	93%	69%	36%	28%
Emissionen zu 1990	30%	28%	26%	48%	12%	8%

Für die in den Szenarien beanspruchten erneuerbaren Energien als Treibstoff wurden in der EMN keine Potenzialflächen angesetzt, da aktuell ebenfalls der Treibstoff für die Mobilität importiert wird. Um wenigstens einen Teil davon in der EMN zu produzieren, müssten zu den aktuell zur Energieproduktion genutzten Flächen weitere hinzukommen. Der Strombedarf der Elektromobilität ist bei den Potenzialen miterfasst. Für den Strombedarf ist eine Deckungsrate im Szenario III von 87% möglich.

Abbildung 12: Szenario 2030 Endenergiebedarf, Emissionen Verkehr

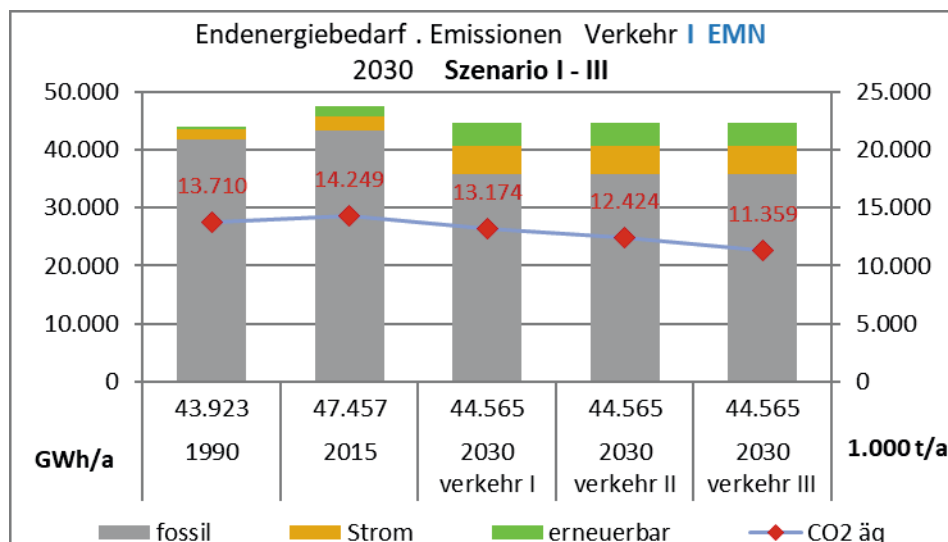
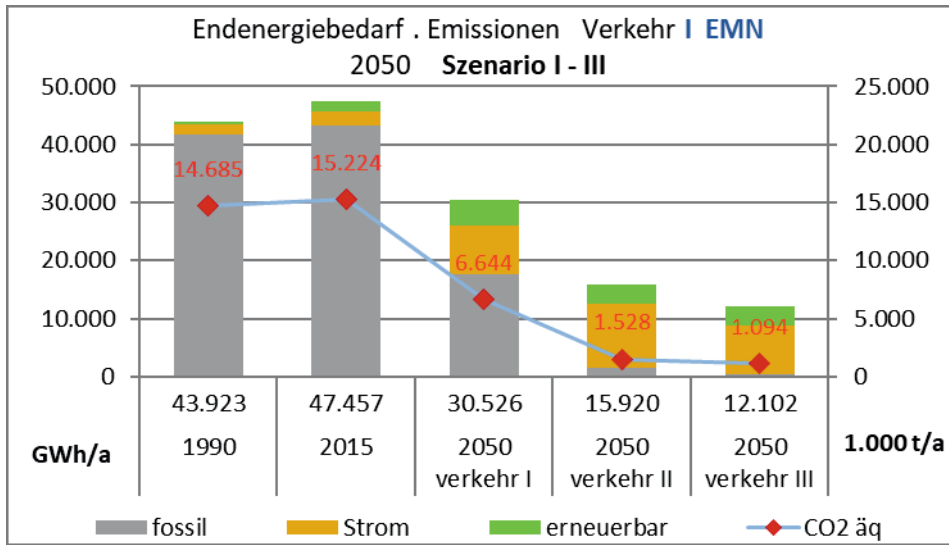


Abbildung 13: Szenario 2050 Endenergiebedarf, Emissionen Verkehr



5.1.4 Gesamtentwicklung

Aus den Einzelszenarien der Sektoren ergeben sich für die EMN die folgenden Szenarien I-III. Die verschiedenen Unterszenarien variieren durch den Energieträgereinsatz in den Sektoren GHDI und Haushalte. Um eine Reduktion der THG-Emissionen, um über 90% zu erreichen, sind sowohl signifikante Einsparungen des Energieverbrauchs wie in den Szenarien II und III notwendig, als auch die Deckung des Energieverbrauchs nahezu ausschließlich mit erneuerbaren Energien. Die entscheidende Rolle spielt dabei regenerativ erzeugter Strom. Einerseits sind die Potenziale für Strom deutlich höher als für andere erneuerbare Energieträger, andererseits ermöglichen strombetriebene Wärmepumpen die umfangreiche Nutzung von Umweltwärme. Wärmepumpen ermöglichen den Strom effizienter zu nutzen. Der Anteil von Biomasse, als speicherbarer Energieträger, ist deutlich geringer, aber dennoch von sehr hoher Bedeutung. Sie sollte nur dann zum Einsatz kommen, wenn andere erneuerbare Energieträger (Strom, Strom mit Wärmepumpen, Solarthermie) nicht zur Verfügung stehen. Die zukünftige Energieversorgung kann nicht mehr monovalent erfolgen, sondern muss die Energien nach ihrer Verfügbarkeit einsetzen. Dies ist neben entsprechenden Speicherkonzepten (Wärmespeicher, Stromspeicher) eine Voraussetzung, um mit den teilweise volatilen erneuerbaren Energieträgern eine verlässige Energieversorgung zu gewährleisten. Für den Fall, dass dennoch Deckungslücken entstehen, die nicht durch Stromimporte gedeckt werden können, müssen Spitzenlastkraftwerke auf Basis erneuerbarer Energien zur Verfügung stehen.

Tabelle 10 Szenarien 2050 EMN Reduktion Endenergie und THG Emissionen

EMN	2030			2050		
	Szenario I	Szenario II	Szenario III	Szenario I	Szenario II	Szenario III
Endenergie zu 1990	100%	96%	93%	80%	62%	53%
Emissionen zu 1990						
Mix	66%	63%	59%	30%	17%	14%
Erneuerbar	64%	61%	57%	22%	10%	8%
Strom	64%	61%	58%	22%	10%	8%

Der in den Szenarien angesetzte Bedarf an erneuerbaren Energien (ohne den erneuerbaren Anteil in Treibstoff) kann in der EMN abgedeckt werden, beim Strombedarf (einschließlich Strombedarf Verkehr) besteht bilanziell eine Deckungsrate von 87%.

Abbildung 14: Szenarien 2030 Endenergiebedarf, Emissionen EMN

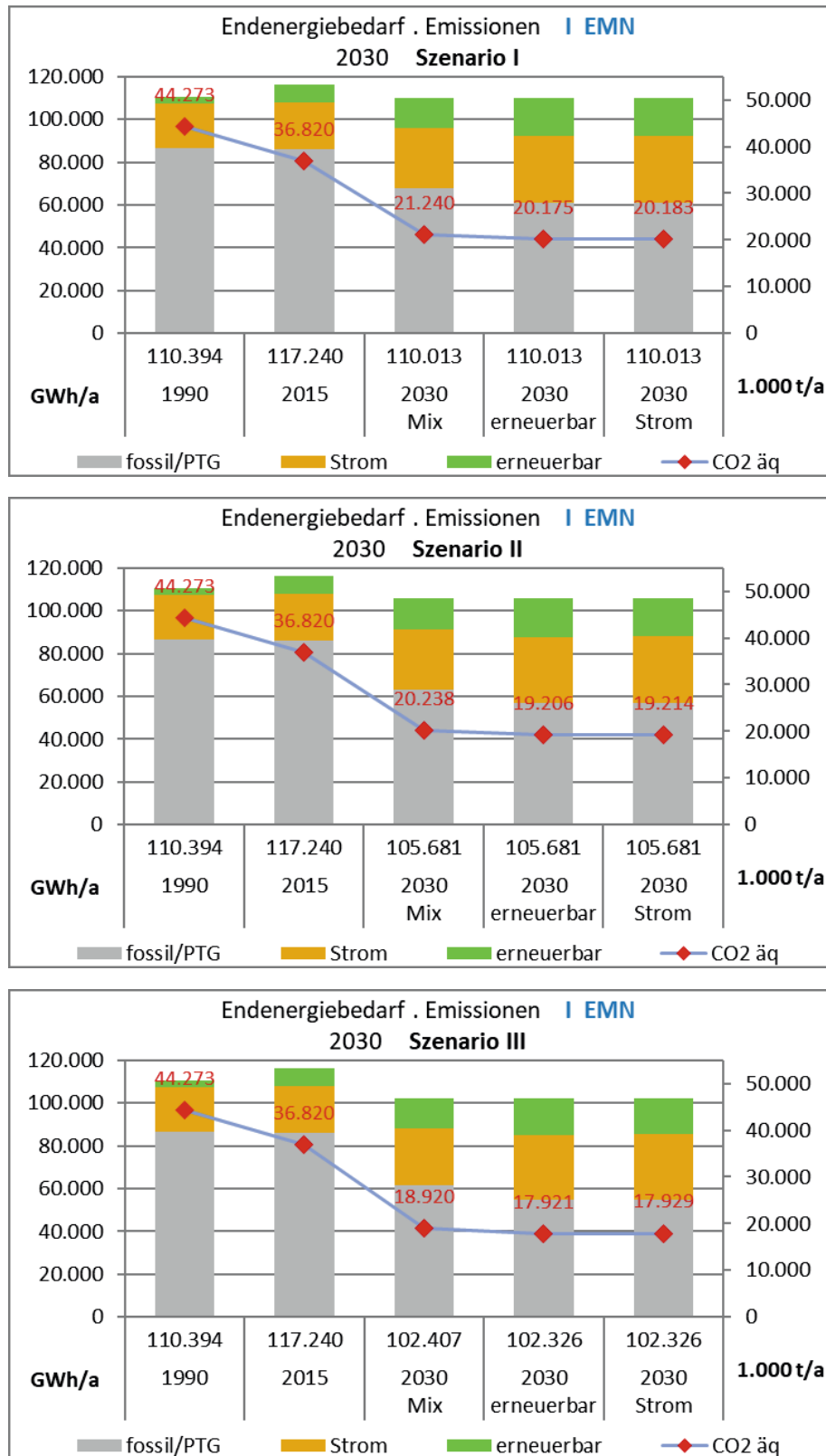
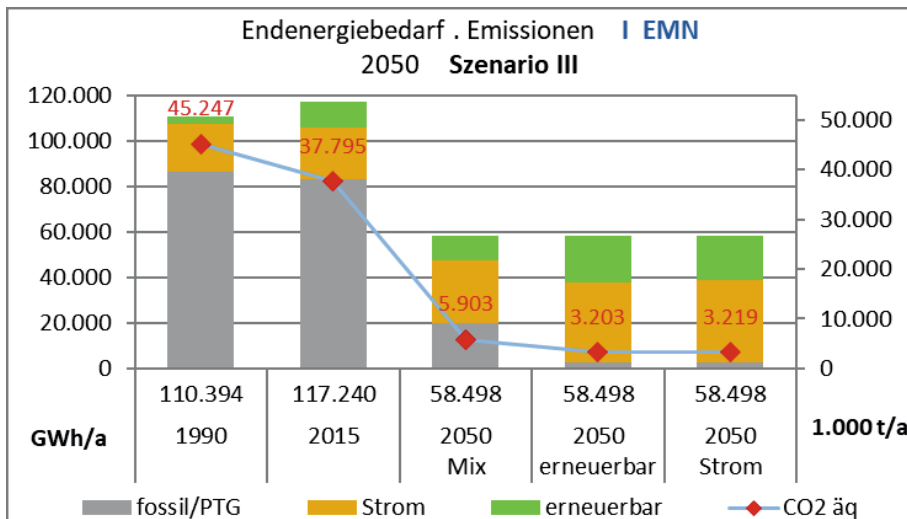
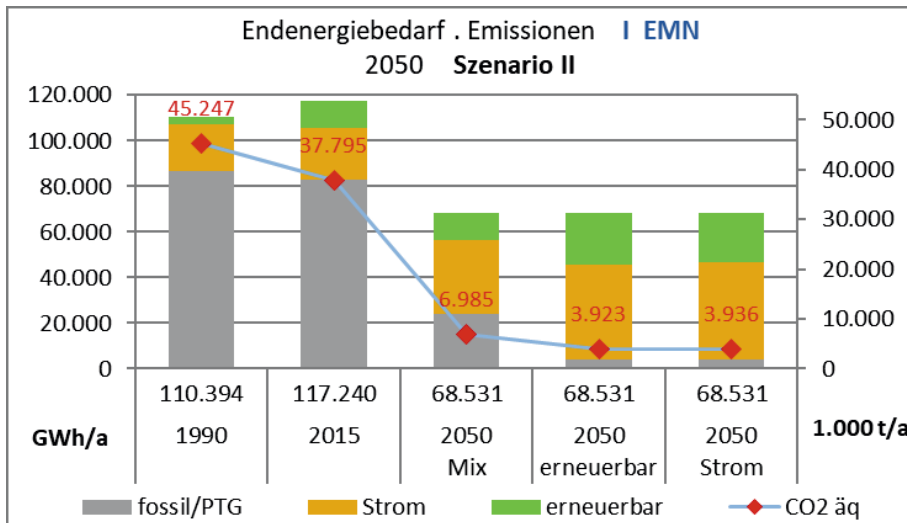
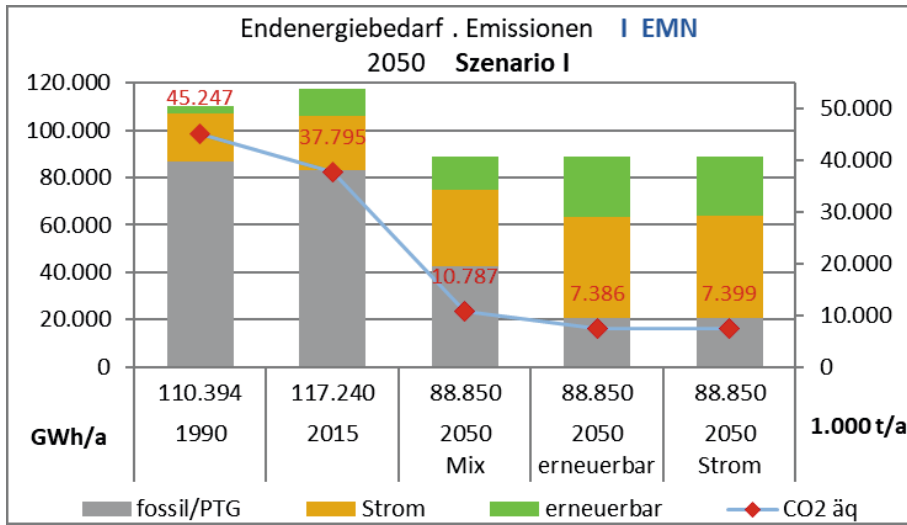




Abbildung 15: Szenarien 2050 Endenergiebedarf, Emissionen EMN



## 5.2 Strom- und Wärmeerzeugung und Verteilung

Bei der Umstellung der aktuell meist fossilen auf eine überwiegend erneuerbare Energieversorgung, kommt den einzelnen Techniken eine geänderte Bedeutung zu. Eine richtige Weichenstellung ist jetzt wichtig, um in zukunftsträchtige Techniken zu investieren. Aufgrund der volatilen, erneuerbaren Stromerzeugung verliert die absolute Erzeugungsmenge an Bedeutung, die Preisbildung wird zukünftig vielmehr durch den Zeitpunkt der Bereitstellung bestimmt.

### 5.2.1 Langfristige Rolle der KWK

Die Kraft-Wärme-(Kälte-)Kopplung (KWKK) wird als wichtige Brückentechnologie bis mindestens 2030 ihre Bedeutung behalten. Allerdings gehen viele Studien davon aus, dass die KWKK bis zum Jahr 2050 an Gewicht verlieren wird.<sup>2 3 4 5</sup> Gründe dafür liegen in dem immer begrenzter werdenden Zeitfenster, in dem eine Stromproduktion aus KWK noch benötigt wird.

Zukünftig werden Wärmepumpen einen Großteil des Wärmebedarfs abdecken, da hier über erneuerbaren Strom Wärme sehr effizient bereitgestellt werden kann. Lediglich im Industriesektor, in Bereichen, in denen hohe Systemtemperaturen erforderlich sind, wird der KWK noch längerfristig ein hoher Stellenwert eingeräumt. Die Erzeugung der Prozesswärme soll jedoch zukünftig in Kombination mit Elektrokesseln erfolgen. Zu Zeiten niedriger Strompreise, also bei einem deutlichen Überschuss an Stromproduktion, übernimmt der Elektrokessel die Prozesswärmebereitstellung. Die Laufzeit der KWK verringert sich folglich.

Auch in Wärmenetzen, in denen die KWK noch zukünftig mit vertreten ist, verringern sich die Einsatzzeiten der KWK, da diese verstärkt nach den Anforderungen des Strommarktes gefahren werden muss.<sup>6</sup> Wichtig ist daher, dass zukünftig nur noch systemkonforme und flexible KWK zugebaut wird.

Die Einschätzung der zukünftigen Energieversorgung basiert vor allem darauf, dass das Reduktionsziel nur dann erreicht werden kann, wenn nahezu der komplette Energiebedarf über erneuerbare Energien abgedeckt wird. Daher soll zukünftig biogener Brennstoff vordringlich in Bereichen eingesetzt werden, in denen Alternativen zur Dekarbonisierung nicht möglich bzw. nur schwierig umsetzbar sind, z.B. Schiff- und Luftfahrt.

Denkbar ist, dass zukünftig in Ländern mit besseren Bedingungen für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, Strom über Gleichstromtrassen oder durch Umwandlung in synthetisches Gas über Erdgaspipelines importiert wird. Inwieweit dies zu einer Erhöhung des KWKK-Anteils führen kann, hängt sicherlich vorrangig vom zukünftigen Verhältnis von Wärme- zu Strombedarf ab. D.h. je nachdem, welcher Fortschritt bei der Gebäudesanierung langfristig erzielt wird, könnte die KWKK zur Kompensierung von Defiziten in diesem Bereich eingesetzt werden und folglich auch eine stärkere Rolle beim Stromspitzenlastausgleich einnehmen. Unumstritten ist, dass die KWKK auf Grund der dezentralen Stromerzeugung einen positiven Beitrag in Bezug auf Netzstabilität und Netzausbau leisten kann.

---

<sup>2</sup> Energiewende 2030, AGORA Energiewende, Februar 2017

<sup>3</sup> BMWi (2017)

<sup>4</sup> Quaschnig (2016)

<sup>5</sup> Fh IWES (2017)

<sup>6</sup> Energiewende und Strommarkt, www.kwk-flexperten.net, Flexperten, 2019

Der verbleibende positive Spitzenlastausgleich soll am kostengünstigsten über Gasturbinenkraftwerke erfolgen. Deren Einsatz erfolgt aber erst, wenn alle anderen Potentiale zum Lastenausgleich, sowohl positive wie negative Residuallast, schon ausgenutzt wurden. Dies sind u.a.:

- Pufferspeicher mit Elektroheizstab
- E-Mobile mit Batteriespeicher
- Wärmepumpen mit Pufferspeicher
- Großwärmepumpen mit saisonalen Wärmespeichern
- Elektrodenkessel
- KWK - als Brückentechnologie oder auch längerfristig
- Virtuelle Kraftwerke (weitere zu- und abschaltbare elektrische Verbraucher)

Durch die zunehmende Elektrifizierung im Wärmesektor (v.a. Wärmepumpe) und im Verkehrssektor (E-Mobile, Hybrid-Stromoberleitungs-LKW) wird der Strombedarf deutlich ansteigen. Damit langfristig dieser Strombedarf vorrangig über erneuerbaren Energien gedeckt werden kann, muss der Bedarf auf ein mögliches Minimum reduziert werden. Zwangsläufig ist die Umsetzung von Effizienz- und Einsparpotentialen mitentscheidend zum Erreichen der gesteckten Klimaschutzziele. So sind sich nahezu alle Experten einig, dass im Gebäudesektor eine Wärmeverbrauchsreduktion um 50% erreicht werden sollte. Da dies in der EMN kaum zu erreichen sein wird, könnte sich auch die Rolle der KWKK zwischen Bund und EMN unterscheiden. In der EMN ist davon auszugehen, dass eine für den Bund mögliche Reduktion des Gebäudewärmebedarfs auf Grund des starken Zuzugs (im Vergleich zu 1990) und des fehlenden Wiedervereinigungseffektes nicht erreicht werden kann. Als möglich wird eine Verminderung des absoluten Gebäudewärmebedarfs um max. rund 30% angesehen, der spezifische Wärmebedarf pro m<sup>2</sup> kann sich um bis zu 50% verringern.

Innerhalb der AGORA-Studie wurde untersucht, wie sich Defizite in einzelnen Bereichen auf die Entwicklung der KWK auswirken.<sup>7</sup> Diese Ergebnisse können für den weiteren Entwicklungsverlauf in der EMN als Grundlage verwendet werden. Es zeigt sich, dass durch ein Defizit im Gebäudedämmbereich die KWK-Quote im Jahr 2030 von 15% auf 20% zunehmen könnte. Dies bedeutet einen Anstieg um ein Drittel bezogen auf die KWK-Quote im Basis-Szenario. Ebenso wurde eine zweite Basisvariante mit günstigerem Erdgaspreis (siehe nachfolgend unten Einfluss CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreis) und weitere Defizit-Varianten (weniger E-Mobilität, weniger Stromflexibilität) untersucht. Allen gemeinsam ist, dass es zu einem Anstieg der KWK um 5-6%-Punkten kommen würde, entsprechend einem Gesamtanteil von 20-21% am Gebäudewärmebereich von HH und GHD. Diese Quote beinhaltet noch nicht den Anteil von Biomasse-KWK. Bezieht man diesen Anteil mit ein, liegt die KWK-Quote bei ca. 25-26%. Der Anteil der Biomasse-KWK bleibt bedingt durch die nur begrenzt vorhandenen Biomasse-Potentiale in allen Varianten gleich.

Ein Ausbau der KWK im Gebiet der EMN ist weiterhin zielführend. Wichtig ist dabei die flexible Einbindung der KWK für den zunehmenden Spitzenlastausgleich. Damit Biogasanlagen ausreichend flexibel für den Lastausgleich aufgestellt sind, sollten diese zukünftig mit deutlich höherer KWK-Leistung und einem Gasspeicher von ca. 12 h ausgelegt sein.

Einen mitentscheidenden Einfluss auf die zukünftigen Rahmenbedingungen der Kraftwerke bzw. der KWKK hat auch die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Bepreisung. Wenn im Preis die realen CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten widerspiegelt werden, wird es verstärkt zu einem Wechsel der Brennstoffträger hin zu möglichst CO<sub>2</sub>-

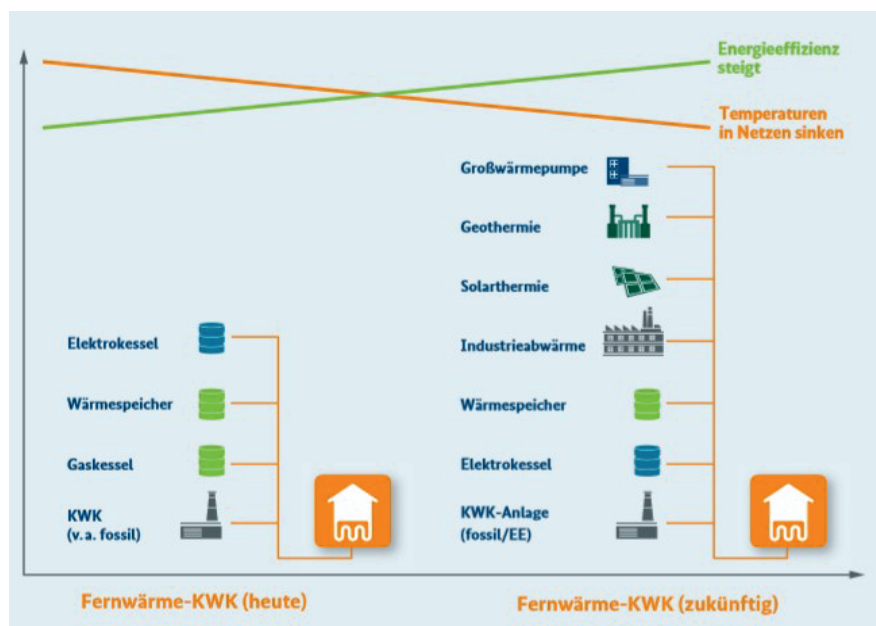
<sup>7</sup> Energiewende 2030, AGORA Energiewende, Februar 2017

armen Brennstoffen kommen. D.h. es erfolgt eine schnellere Umstellung des Energieträgers bei Grundlastkraftwerken von Kohle zu Gas. So könnte kurz- und mittelfristig eine schnelle Reduktion der Emissionen erreicht werden. Bis 2050 ist jedoch eine vollständig auf erneuerbaren Energieträgern basierende Energieversorgung notwendig. Es könnte langfristig auch ein Wechsel von Erdgas zu synthetischem Gas, aus erneuerbarem Strom erzeugt, stattfinden. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist jedoch noch nicht absehbar, wie der P2G-Bereich gerade in Bezug auf Import sich entwickeln wird, da ein nationales Überangebot an erneuerbaren Energien eher unwahrscheinlich ist.

### 5.2.2 Bedeutung der Wärmenetze

Eine weitere wichtige Säule ist der deutliche Ausbau der Wärmenetze, in denen auch KWK eine wichtige Rolle spielen kann. Es wird angestrebt, den Ausbaugrad von derzeit bundesweit rund 10% auf langfristig 23% vom Gebäudewärmebedarf der Privatgebäude und GHD auszubauen. Dabei kommt es zu einer Rollenveränderung der Wärmenetze, neben der großflächigen Verteilung von Wärme sammeln sie auch Wärme aus verschiedenen anderen Quellen und binden diese möglichst effizient ins Gesamtsystem ein. Zukünftig wird die Vorlauftemperatur entsprechend der Wärmebedarfsstruktur möglichst geringgehalten, um Wärmeverluste weitestgehend zu vermeiden und Wärme mittels Großwärmepumpen möglichst effizient bereitzustellen. Insbesondere in Verbindung mit großen Wärmespeichern kann damit ein äußerstes Maß an Flexibilität und Effizienz erreicht werden.

Abbildung 16 zukünftige Fernwärme und die Rolle der KWK <sup>8</sup>



Das Wärmenetz der Zukunft bedient sich dabei aus einem Mix aus verschiedenen Technologien, wie es beispielsweise in Dänemark schon praktiziert wird. Ein wichtiger Baustein wird dabei die Umstellung auf Niedertemperatur und die verstärkte Einbindung von Tiefengeothermie, Großsolarthermie und Ab- und

<sup>8</sup> Langfristige Trends - Aufgaben für die kommenden Jahre. Ergebnisbericht zum Trend 7: „Moderne KWK-Anlagen produzieren den residualen Strom und tragen zur Wärmewende bei, BMWI, Januar 2017

Umweltwärmenutzung mittels Großwärmepumpen sein. Wärmenetze bieten vor allem den Vorteil, wesentlich kurzfristiger auf sich ändernde Rahmenbedingungen durch Technologiewechsel reagieren zu können, als es bei einer Objekteinzelversorgung der Fall ist.

Das Wärmekataser, das im Rahmen des Energienutzungsplans für alle Gemeinden erstellt wurde, bietet für den Ausbau und die Neustrukturierung von Wärmenetzen erste Hinweise auf das Umsetzungspotenzial. Darauf aufbauend kann in kommunalen Energienutzungsplänen die Rolle von Wärmenetzen detaillierter untersucht und Umsetzungen initiiert werden. Die Erstellung von Energienutzungsplänen wird aktuell vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie mit einem Zuschuss in Höhe von 70% gefördert.

### 5.2.3 Power to Heat Technologie

Stromüberschüsse sollen bei der zukünftigen Energieversorgung z.T. über Power-to-Heat (P2H) in Form von Elektroden in Wärme umgewandelt werden. Die Wärmeabgabe kann im hohen Prozesstemperaturbereich wie aber auch in Wärmenetzen stattfinden. Es stellt sich die Frage, warum diese Stromüberschüsse nicht dazu verwendet werden, synthetisches Gas zu erzeugen. In diesem Fall spricht man von Power-to-Gas (P2G). Dies hätte den großen Vorteil, die bestehende Infrastruktur in Form von Gasleitung und Gasspeichern nutzen zu können. Die erzeugte Energie kann nahezu verlustfrei gespeichert werden, anders als z.B. bei Wärmespeichern, vor allem saisonalen Wärmespeichern es der Fall ist. Zudem könnte das Gas im mobilen Sektor und in der KWK mit Anwendung finden.

Dagegen spricht momentan noch, dass zu wenig Stromüberschuss aus EE vorhanden ist, um kosteneffizient eine P2G-Anlage betreiben zu können. Langfristig könnte aber durch eine höhere CO<sub>2</sub>-Bepreisung, größeren Anteil an Residuallast und Zunahme von EE-Importenergie wie auch Verbesserungen bzgl. des Umwandlungswirkungsgrades, der P2G-Bereich an Stellenwert gewinnen. So konnte in dem EU-Forschungsprojekt<sup>9</sup> ein Wirkungsgrad von 76% im Labormaßstab erreicht werden, was auf einen Wirkungsgrad im Industriemaßstab von 80% hoffen lässt.

### 5.2.4 Vergleich Erzeugungstechniken

Um die Effizienz einzelner Techniken gegenüberzustellen, wird nachfolgend aufgezeigt, welche Menge an Wärme mittels einer Kilowattstunde Erdgas im Durchschnitt erzeugt werden kann, wenn daraus Strom erzeugt wird und dieser dann über eine Wärmepumpe in Wärme umgewandelt wird. Dabei wurde zur Vereinfachung mit einer Arbeitszahl von 3 gerechnet. Hierin können z.B. Wärmespeicher- und Wärmeverluste mit beinhaltet sein. Aber auch Arbeitszahlen von 4 oder höher (z.B. in Verbindung mit Abwärmenutzung) können je nach Fall angesetzt werden.

Zusätzlich wird in der nachfolgenden Übersicht aufgezeigt, welche Wärmemenge erzeugt werden kann, wenn der Stromüberschuss direkt genutzt wird bzw. über P2G erst in Form von synthetischem Erdgas gespeichert und dann in Wärme umgewandelt wird:

---

<sup>9</sup> HELMETH

Tabelle 10 Vergleich Techniken Wärmebereitstellung Gaseinsatz

Input Erdgas bzw. Gas 1 kWh, Einsatz Wärmepumpe Arbeitszahl 3

Technik	Stromerzeugung	Wärmeerzeugung	WP-Einsatz	Wärme gesamt
GuD	0,6 kWh		0,6 kWh * 3	1,8 kWh
Gaskraftwerk	0,4 kWh		0,4kWh * 3	1,2 kWh
KWK, groß	0,5 kWh	0,4 kWh	0,5 kWh * 3	1,9 kWh
KWK, klein	0,35 kWh	0,55 kWh	0,35 kWh *3	1,6 kWh

Tabelle 11 Vergleich Techniken Wärmebereitstellung Stromüberschuss

Input Stromüberschuss 1 kWh:

Technik	Erzeug. synth. Gas	Wärmeerzeugung		Wärme gesamt
WP		1,0 kWh * 3		3,0 kWh
Elektrode		1,0 kWh * 0,95		0,95 kWh
KWK, groß	0,8 kWh	0,8 * 1,9 kWh	siehe oben	1,5 kWh
KWK, klein	0,8 kWh	0,8 * 1,6 kWh	siehe oben	1,3 kWh

Es zeigt sich, dass die KWK hinsichtlich Effizienz auch langfristig ihre Berechtigung hat. Ganz entscheidend für ihren zukünftigen Einsatz wird hierfür das Verhältnis von Strom- zu Wärmebedarf über das gesamte Jahr sein, wieviel erneuerbarer-Strom als Stromüberschuss zur Verfügung stehen wird und wieviel negative Residuallast z.B. durch KWK ausgeglichen werden müsste. Bei nur geringen Betriebszeiten wird nach wie vor eine teure, da aufwendigere Technik gegenüber einer Technik mit niedrigen spezifischen Investitionen, die aber deutlich ineffizienter ist, sich schwierig am Markt behaupten können.

### 5.3 Erneuerbare Energien

Der Ausbau der erneuerbaren Energien muss massiv vorangetrieben werden. Dies wird das gewohnte Erscheinungsbild unserer Städte und Landschaften nachhaltig verändern. Dennoch muss auch den anderen essenziellen Themen wie Artenvielfalt und Flächenverbrauch Rechnung getragen werden. So sind Techniken zu bevorzugen, die einen möglichst hohen Ertrag in Bezug auf die benötigte Fläche erzielen, die Auswirkungen auf die Umwelt möglichst geringhalten und soweit als möglich bereits belegte Flächen zusätzlich zur Energieerzeugung verwenden. Speziell bei der Photovoltaik wurden für die Potenzialermittlung größtenteils befestigte Flächen herangezogen. Dadurch eventuell anfallende, höhere Investitionen sind in Bezug auf die Lebensdauer der Anlagen als gering einzuschätzen und mangels nachhaltiger Alternativen zu tragen. Die Akzeptanz der Bevölkerung ist bei einer zusätzlichen Nutzung bereits belegter Fläche zur Energiegewinnung deutlich höher als bei zusätzlichen Flächenbedarf. Es sind möglichst alle Potenziale einer erneuerbaren Energiegewinnung auszuschöpfen. Deshalb müssen Baumaßnahmen neben der größtmöglichen Energieeinsparung auch unter dem Aspekt einer möglichen Energiegewinnung gesehen werden. Dies betrifft alle Baumaßnahmen, sowohl die Errichtung von Gebäuden und Überdachungen als auch Schallschutzwände, Brückenbauwerke und sonstige bauliche Maßnahmen. Alle

ost-, süd- oder westlich ausgerichteten Bauteile können als Basis für Photovoltaik (und eventuell Solarthermie) dienen, alle dem freien Windstrom ausgesetzten Bauwerke als Tragkonstruktion für Kleinwindkraftanlagen. Hierfür sind in der Regel eine gesonderte statische Auslegung und Dimensionierung der Bauteile notwendig, die zusätzliche Kosten verursacht. Müssen für eine nachträgliche Montage von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien erst die statischen Voraussetzungen geschaffen werden, so ist dies deutlich kostenintensiver oder oftmals kaum mehr möglich. Ohne eine gesetzliche Regelung, zumindest eine Nachrüstung von Energieerzeugungsanlagen zu ermöglichen, werden viele Potenziale kaum zu nutzen sein.

### 5.3.1 Windkraft

#### Rahmenbedingungen

Auch in der EMN ist die Umstellung auf die Versorgung durch erneuerbare Energien bis 2050 unumgänglich, wenn die EMN ihre eigenen Ziele erreichen will. Neben der Energieeffizienz, die in vielen Maßnahmen Gegenstand ist, muss in der Region verstärkt auf die Nutzung der Windkraft gesetzt werden. Für die Windkraft gelten aber derzeit sehr ungünstige Rahmenbedingungen. Hier sind drei unterschiedliche Themenfelder zu nennen:

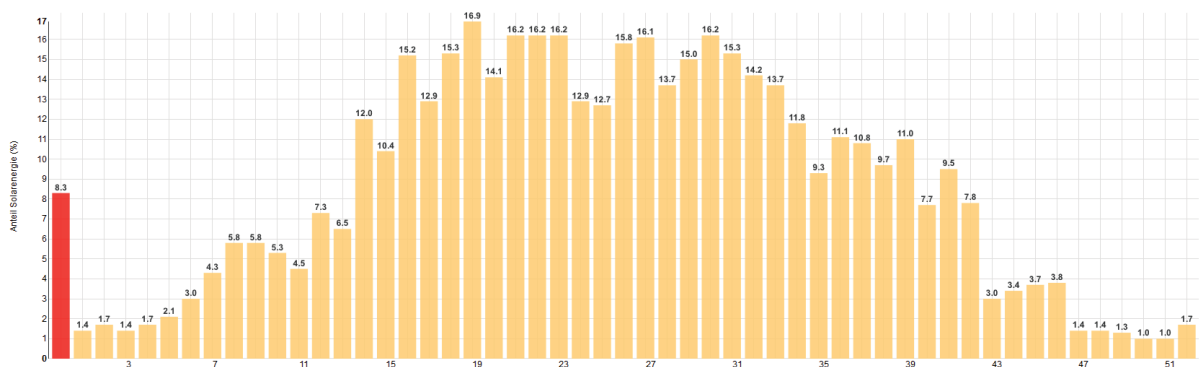
- 10H
- EEG-Vergütungsregelungen
- Natur- und Umweltschutzbelange

Diese Aspekte haben dazu geführt, dass aktuell nahezu keine neuen Windkraftanlagen in der EMN entstanden sind. Auch wenn in Bayern (und damit auch in der EMN) die PV einen wichtigen und gewichtigen Beitrag zur Energieversorgung leisten muss, ist die Windkraft ein unverzichtbarer Bestandteil in der zukünftigen Energieversorgung. Dies hat vor allem zwei Gründe:

1. Ertragscharakteristik
2. Potenziale

Die Ertragscharakteristik zwischen Windkraft und PV ist sehr unterschiedlich. Anbei die beiden Ertragsgrafiken für PV und Wind für das komplette Jahr 2018 (Gesamtdeutschland):

Abbildung 17 Ertragsgraphik PV 2018



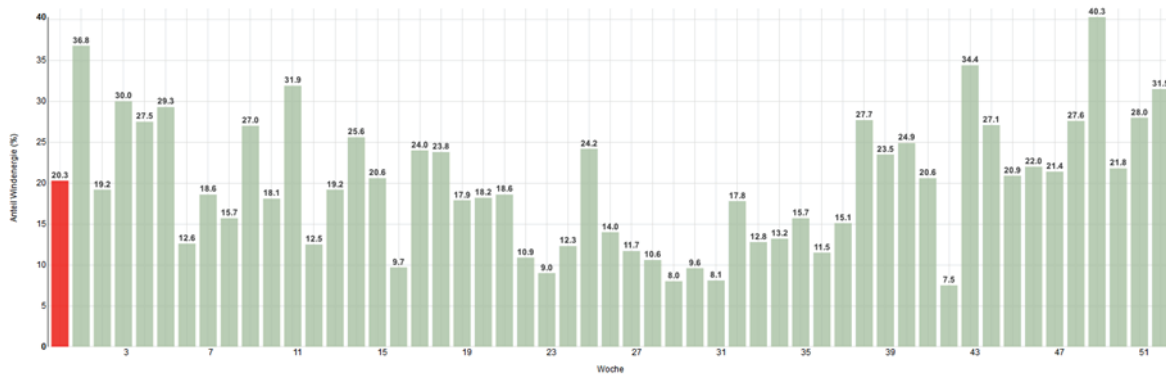
Quelle: Fraunhofer ISE, Energy Charts



Der Anteil der PV lag in der Wochenbetrachtung im Durchschnitt bei 8,3%. Dies könnte natürlich noch durch neue Anlagen erhöht werden. Allerdings ist die Charakteristik auffällig. So werden die großen Erträge im Sommer erzielt, während sie im Winter (kürzere Tage, trüberes Wetter) von KW 1 bis KW 7 und von KW 43 bis KW 52 unter 5% liegen. Setzt man voraus, dass in Zukunft ein Großteil der Raumwärme im Winter durch Wärmepumpen bereitgestellt wird, ist nahezu sicher, dass der Strombedarf besonders in den kalten Wintermonaten ansteigen wird. Genau dann, wenn die PV keine großen Beiträge liefern kann. Ähnliches gilt für die Jahre 2016 und 2017.

Ganz anders sieht die Charakteristik für Windkraft aus. Hier stellt sich folgende Bilanz dar:

Abbildung 18 Ertragsgraphik Wind 2018



Quelle: Fraunhofer ISE, Energy Charts

**Aktuelle Situation in der EMN**

Derzeit sind in der EMN ca. 620 Windkraftanlagen (WKA) unterschiedlichster Größe in Betrieb. Die Anlagen sind sehr ungleichmäßig auf die einzelnen kreisfreien Städte (eher geringe Anzahl aufgrund fehlender Flächen) und auf die Landkreise verteilt. Zur genaueren Übersicht ist nachfolgende Tabelle zu betrachten:

Tabelle 12 Windkraft in der EMN Anzahl, Leistung und Arbeit (EEG-Einspeisung)

Bezirk	Gebietskörperschaft	Anzahl WKA	MW ges.	Energie MWh (IST 2016)
Mittelfranken	Stadt Nürnberg	1	0,012	0
Mittelfranken	Stadt Fürth	0	0	0
Mittelfranken	Stadt Erlangen	0	0	0
Mittelfranken	Stadt Schwabach	1	0,001	0,404
Mittelfranken	Stadt Ansbach	2	4,8	10.276
Mittelfranken	LK Nürnberger Land	8	19	31.892
Mittelfranken	LK Fürth	22	52	69.244
Mittelfranken	LK Erlangen-Höchstadt	12	29	47.930
Mittelfranken	LK Ansbach	74	137	217.220
Mittelfranken	LK Roth	9	25	40.741

Mittelfranken	LK Weißenburg-Gunzenhausen	52	72	107.113
Mittelfranken	LK Neustadt a.d. Aisch - Bad Windsheim	56	135	221.699
Oberfranken	Stadt Coburg	0	0	0
Oberfranken	Stadt Bamberg	0	0	0
Oberfranken	Stadt Bayreuth	0	0	0
Oberfranken	Stadt Hof	1	0,004	0
Oberfranken	LK Coburg	9	17	8.574
Oberfranken	LK Bamberg	20	44	61.783
Oberfranken	LK Bayreuth	36	86	145.266
Oberfranken	LK Hof	112	240	395.015
Oberfranken	LK Kulmbach	24	47	76.249
Oberfranken	LK Kronach	12	18	11.086
Oberfranken	LK Forchheim	2	1,5	2.194
Oberfranken	LK Lichtenfels	4	7,5	15.407
Oberfranken	LK Wunsiedel i. Fichtelgebirge	25	46	63.389
Unterfranken	LK Haßberge	19	39	63.400
Unterfranken	LK Kitzingen	16	28	45.810
Oberpfalz	Stadt Amberg	0	0	0
Oberpfalz	Stadt Weiden	0	0	0
Oberpfalz	LK Amberg-Weizsach	27	66	138.300
Oberpfalz	LK Neustadt a.d. Waldnaab	4	5	5.875
Oberpfalz	LK Neumarkt i.d.Opf.	64	149	270.914
Oberpfalz	LK Tirschenreuth	10	8,5	12.820
Thüringen	LK Sonneberg			
	<b>SUMME EMN</b>	<b>622</b>	<b>1.276</b>	<b>2.062.197</b>

Quelle: Energieatlas Bayern 2016

Es ist erkennbar, dass die Nutzung der Windkraft sehr unterschiedlich verteilt ist. Neben Landkreisen, die sehr stark auf Windkraftnutzung setzen, sind andere Landkreise, die nur sehr wenige WKA aufweisen können.

#### Windkraftpotenzial in der EMN

Die Potenziale von Windkraft in der EMN ergeben sich aus zwei Strategien, erstens dem Repowering bestehender Anlagen und zweitens der Neuerrichtung von zusätzlichen Anlagen.

Das Repowering betrifft alle bestehenden Anlagen mit einer Leistung größer als 0,8 MW. Es wird davon ausgegangen, dass durch eine Weiterentwicklung von Anlagentechnik und Rotorgeometrie Beeinträchtigungen der unmittelbaren Umgebung deutlich geringer werden als bei früheren Anlagen. Gegenüber den Neuanlagen hat das Repowering den Vorteil, dass an den Standorten schon Anlagen stehen und somit Akzeptanz in der Bevölkerung eher gegeben sein dürfte als bei Neuanlagen. Dennoch muss bei der Umsetzung der Windkraftpotenziale massiv um die Zustimmung der betroffenen Bevölkerung geworben werden. Bürgerenergieanlagen, bei denen die betroffene Bevölkerung auch wirtschaftlich profitiert, können eventuell Vorbehalte mindern. Aber auch hier profitieren nur jene, die sich finanziell beteiligen können.

Bei der Neuerrichtung von Anlagen wurden die bestehenden Vorrangflächen ausgenutzt, sodass keine komplett neuen Betroffenheiten entstehen, die Anlagen in der Regel gebündelt stehen und so auch minder belegte Landschaftsteile erhalten bleiben. Dennoch wird die Veränderung des gewohnten Landschaftsbildes beträchtlich sein.

Für die Berechnung des Windkraftpotenzials wurden weder beim Repowering noch beim Neubau von Anlagen die 10H Regel oder eine Vergrößerung der Abstandsflächen berücksichtigt. Die rechtlichen Rahmenbedingungen sind den Notwendigkeiten des Ausbaus der erneuerbaren Energien anzupassen.

Sowohl für Neuanlagen als auch für Repowering ist die Anlagenleistung entscheidend. So sind heute bereits Anlagen mit mehr als 10MW elektrischer Leistung, allerdings nur Off-Shore, im Einsatz. Für den Binneneinsatz sind Anlagen von ca. 6-8MW bereits heute vereinzelt im Einsatz. Für die Potenzialabschätzung wurden daher folgende Anlagenparameter angenommen:

- Jede neue/Repowering- Anlage bis 2030 besitzt eine Leistung von 5MW (im Durchschnitt)
- Jede neue/Repowering- Anlage ab 2030 besitzt eine Leistung von 7MW (im Durchschnitt)

Diese Annahmen führen zu folgenden Potenzialen für den Ausbau der Windkraft:

Tabelle 13 Windkraftpotenzial bis 2030

Windkraftpotenzial 2030 in MWh/a							
2030	Repower	2.062.200	2.637.400	2.637.400	2.637.400	2.637.400	2.637.400
zusätzl. WKA		0%	20%	40%	60%	80%	100%
0	0%	2.062.200	2.637.400	2.637.400	2.637.400	2.637.400	2.637.400
1.944.400	20%	4.006.600	4.581.800	<b>4.581.800</b>	4.581.800	4.581.800	4.581.800
3.888.800	40%	5.951.000	6.526.200	6.526.200	6.526.200	6.526.200	6.526.200
5.833.200	60%	7.895.400	8.470.600	8.470.600	8.470.600	8.470.600	8.470.600
7.777.600	80%	9.839.800	10.415.000	10.415.000	10.415.000	10.415.000	10.415.000
9.722.000	100%	11.784.200	12.359.400	12.359.400	12.359.400	12.359.400	12.359.400

Die Potenzialbetrachtung geht davon aus, dass bei den Anlagen des Repowerings und des Zubaus eine (durchschnittliche) Leistung von 5MW ab 2020 umgesetzt wird. Sollten in den kommenden zehn Jahren 100% des Zubau- und des Potenzials an Repowering genutzt werden, würden 2030 ca. 12.360 GWh/a zur Verfügung stehen. Dies ist in der Kürze der Zeit sehr unwahrscheinlich und so wurde in der Betrachtung ein realistischer Zielwert von 20% Zubau und 40% Repowering angesetzt. Dies führt zu einem Windkraftpotenzial in Höhe von 4.582 GWh, was nur ca. 36% des Gesamtpotenzials entspricht. Dabei wird die Umsetzung von 5MW Anlagen angesetzt, die sowohl im Repowering als auch im Neubau zum Einsatz kommen.

Für den Zeitraum zwischen 2030 und 2050 wird angenommen, dass die Anlagen sowohl beim Repowering als auch beim Neubau eine (durchschnittliche) Leistung von 7MW haben. Für die Potenziale bis 2050 ergeben sich folgende Werte:

Tabelle 14 Windkraftpotenzial bis 2050

Windkraftpotenzial 2050 in MWh/a							
2050	Repower	2.062.200	3.098.300	4.134.400	5.170.400	6.206.500	7.242.600
zusätzl. WKA		0%	20%	40%	60%	80%	100%
0	0%	2.062.200	3.098.300	4.134.400	5.170.400	6.206.500	7.242.600
2.851.800	20%	4.914.000	5.950.100	6.986.200	8.022.200	9.058.300	10.094.400
5.703.500	40%	7.765.700	8.801.800	9.837.900	10.873.900	11.910.000	12.946.100
8.555.300	60%	10.617.500	11.653.600	12.689.700	13.725.700	<b>14.761.800</b>	15.797.900
11.407.100	80%	13.469.300	14.505.400	15.541.500	16.577.500	17.613.600	18.649.700
14.258.900	100%	16.321.100	17.357.200	18.393.300	19.429.300	20.465.400	21.501.500

Wurde der Zielkorridor bis 2030 noch sehr eng gefasst, ist bis 2050 eine deutlich größere Realisierungsmöglichkeit vorhanden. Für das Zubaupotenzial werden von 40-60%, beim Repowering von 60-80% ausgegangen. Somit ergibt sich ein Zielkorridor von 10.874 GWh bis zu 14.762 GWh. Dies entspricht bereits bis zu 69% des maximalen Potenzials in Höhe von 21.502 GWh.

### Kleinwindanlagen

Kleinwindanlagen spielen aktuell keine relevante Rolle bei der erneuerbaren Stromerzeugung in der EMN, da die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen eine weitergehende Verbreitung verhindern. Bei einer entsprechenden Förderpolitik sind durch Skaleneffekte, ähnlich der Entwicklung bei PV-Anlagen, deutlich niedrigere Stromgestehungskosten als aktuell vorstellbar. Um diese Entwicklung in Gang zu bringen, ist ein Förderanschub von außen notwendig.

Gerade in Starkwindgebieten, in denen eine Beeinträchtigung des Landschaftsbildes nicht zu vertreten ist, können Kleinwindanlagen eine sinnvolle Ergänzung des Erzeugungsmix darstellen. Ein getrenntes Potenzial wurde für Kleinwindanlagen nicht angesetzt. Neben den klassischen Kleinwindanlagen gibt es auch Neuentwicklungen, die bis jetzt noch nicht beachtete Potenziale erschließen.

So hat der Sieger aus dem Businessplanwettbewerb Nordbayern 2019 eine walzenartige Kleinwindkraftanlage mit PV entwickelt, die an der Dachtraufe, dort treten höhere Windgeschwindigkeiten auf, montiert wird. Ein Modul besteht aus einer Widerstandsläuferanlage mit 1,5 W Nennleistung und einer 0,5 kW<sub>peak</sub> Photovoltaikanlage. Durch die Montage an der Schnittkante von Fassade und Dach, dies ist meist auch die lastabtragende Ebene, sind in der Regel keine statischen Probleme zu erwarten. Potenzielle Standorte sind die Flachdächer in Gewerbe- und Industriegebieten. Da die Anlagen auch in Reihe montiert werden können, ist die Leistung skalierbar. Ein weiterer Vorteil dieser Walzenanlagen ist, dass sie keine Gefahr für die heimische Fauna darstellen. In Anbetracht der Ausmaße aktueller Gewerbe- und Industriegebiete ist für die EMN ein relevantes Potenzial vorstellbar.

Abbildung 19 Kleinwindanlage für Flachdachtraufen



Fa. NEOVENTI Pilotanlage

### 5.3.2 Photovoltaik

Photovoltaik ist neben der Windkraft die zweitwichtigste Stütze der regenerativen Stromerzeugung. Die Stromgestehungskosten, speziell bei großen Freiflächenanlagen, sind in der Vergangenheit deutlich gesunken und (auch ohne CO<sub>2</sub>-Bepreisung) konkurrenzfähig mit einer fossilen Erzeugung. Um eine zu starke Beeinträchtigung der Landschaft und die Umnutzung von landwirtschaftlichen Flächen zu verhindern, wurde die Möglichkeit von Freiflächenanlagen auf Korridore entlang von Bahnlinien und Autobahnen beschränkt. Für die Potenzialermittlung wurden bei den Freiflächenanlagen diese Gebiete herangezogen. Andere Freiflächen wurden nur mit einem sehr geringen Ansatz berücksichtigt, um auch Anwendungen wie Agrophotovoltaik zu erfassen. Das Potenzial dieser Technologie ist aktuell schwer abzuschätzen, könnte jedoch überaus beträchtlich sein. Der notwendige massive Ausbau von PV führt natürlich auch zu einer Akzeptanzthematik in der Bevölkerung, die eine Umsetzung der Potenziale erschweren kann. Um dem möglichst vorzubeugen, wurden überwiegend Potenziale auf bereits befestigten Flächen ermittelt.

Basis der Potenzialermittlung sind die kompletten Dachflächen der Wohn- und Nichtwohngebäude. Ein geringer Anteil der Flächen, überwiegend bei den Wohngebäuden, wurde der Solarthermie vorbehalten. Das Dachflächenpotenzial wurde unter Berücksichtigung von Abzügen hinsichtlich Ausrichtung der Dächer, Verschattung, nicht nutzbarere Dachflächen wegen Aufbauten oder Denkmalschutz ermittelt. Es wurde jedoch grundsätzlich **jede** Dachfläche in die Betrachtung einbezogen.

Zusätzlich zu den Dächern bieten auch Fassaden die Möglichkeit zur solaren Nutzung. Durch den Aufstellwinkel von 90° wird der Ertrag mehr in die Zeiten mit niedrigem Sonnenstand (morgens, abends, Winter) verschoben. Dies dient auch der Verstetigung der solaren Stromerzeugung. Für die Fassaden-PV wurden überwiegend Nichtwohngebäude berücksichtigt. Hier gibt es, speziell bei Betriebsgebäuden, Lager- und Logistikhallen große Fassadenflächen ohne Belichtungsöffnungen, die zur Verfügung stehen.

Neben den Dach- und Fassadenflächen stehen in den Sieglungsgebieten die versiegelten Flächen von Parkplätzen zur Verfügung. Die Potenziale wurden anhand der Park & Ride Parkplätze sowie der Parkplätze der großen Supermarktketten ermittelt und für weitere Gewerbe-, Dienstleistung und Industriebetriebe hochgerechnet. Neben der Energieerzeugung ergibt sich eine Aufwertung der Parkfläche aufgrund eines Witterungsschutzes bei Regen und eines Sonnenschutzes im Sommer.

Der effizienteren Nutzung der Dachflächen für Photovoltaik sollte in Zukunft auch die Architektur Rechnung tragen. Dies bedeutet neben einer optimierten Gebäudeausrichtung, soweit dies unter städtebaulichen Aspekten möglich ist, auch den Verzicht auf Aufbauten und Dachgauben, bestenfalls auch auf Dachflächenfenster, in Dächern, die für Photovoltaik in Frage kommen. Um im Rahmen der zulässigen Geschossigkeit möglichst viel Wohnfläche zu generieren, wird das Dachgeschoss oft soweit wie möglich ausgebaut. Dies hat eine Vielzahl von Dachgauben, Loggien und Dachflächenfenstern zur Folge, sodass eine solare Nutzung kaum mehr möglich ist. Die PV-Potenziale könnten besser umgesetzt werden, wenn z.B. ein zusätzliches Geschoss erlaubt werden würde, falls die Dachfläche komplett zur Energieerzeugung verwendet wird. Eine asymmetrische Ausbildung des Daches oder ein Pultdach anstatt eines symmetrischen Satteldaches würden die zur Verfügung stehende Fläche noch vergrößern. Walm bzw. Krüppelwalmdächer begrenzen die nutzbare Dachfläche. Wenn eine Belichtung von Aufenthaltsräumen notwendig ist, könnte diese auch von der nach Norden gewandenen Dachseite erfolgen, dazu müsste jedoch das Baurecht angepasst werden. Die zusätzliche statische Belastung durch solare Anlagen müsste bei allen Sanierungen und Neubauten berücksichtigt werden.

Um ein auch optisch anspruchsvolles Erscheinungsbild der Dachlandschaften in unseren Siedlungsgebieten in Zukunft zu erhalten, muss die Architektur auf eine energetische Nutzung der Dachflächen ausgelegt werden. Der Vorwurf „Dachflächenphotovoltaik verschandelt die Dächer“ ist bei der aktuellen Anbringungsweise, wo auf zergliederten Dachflächen Restflächen mit PV belegt werden oft nicht von der Hand zu weisen. Bei dem notwendigen massiven Ausbau der Dachflächen-PV erhalten diese Gesichtspunkte eine steigende Bedeutung.

Die Befreiung kleiner PV-Anlagen von der EEG-Umlage führt zur Installation von Anlagen unter 10kWp, obwohl größere Flächen zur Verfügung stehen. Diese Regelung sollte umgehend abgeschafft werden.

In der Potenzialberechnung bis 2030 wird von einer Umsetzung von 20-40% des Dachflächenpotenzials und der Freiflächen ausgegangen. In dieser Betrachtung sind die Bestandsanlagen bereits enthalten. Dies führt zu einem Potenzial von 7.066 GWh.

Tabelle 15 Photovoltaikpotenzial bis 2030

Photovoltaikpotenzial 2030 in MWh/a							
2030	Dach/ Fassade/ Parkplätze		2.932.000	5.864.100	8.796.100	11.728.200	14.660.200
Freiflächen		0%	20%	40%	60%	80%	100%
	0%		2.932.000	5.864.100	8.796.100	11.728.200	14.660.200
600.700	20%	600.700	3.532.700	6.464.800	9.396.800	12.328.900	15.260.900
1.201.500	40%	1.201.500	4.133.500	<b>7.065.600</b>	9.997.600	12.929.700	15.861.700
1.802.200	60%	1.802.200	4.734.200	7.666.300	10.598.300	13.530.400	16.462.400
2.403.000	80%	2.403.000	5.335.000	8.267.100	11.199.100	14.131.200	17.063.200
3.003.700	100%	3.003.700	5.935.700	8.867.800	11.799.800	14.731.900	17.663.900



Für das Potenzial bis 2050 wurde eine spezielle Ausrichtung auf eine solare Nutzung bei der Planung von Neubauten unterstellt, das Dachflächenpotenzial liegt daher 15% über dem Potenzial bis 2030. Es wird von einer Umsetzung von 60% bei den Freiflächen und 80% der Dachflächen ausgegangen, das entspricht einem Potenzial von 15.290 GWh und einer Umsetzung des gesamten Potenzials von 77%.

Tabelle 16 Photovoltaikpotenzial bis 2050

Photovoltaikpotenzial 2050 in MWh/a							
2050	Dach/ Fassade/ Parkplätze		3.371.800	6.743.700	10.115.500	13.487.400	16.859.200
Freiflächen		0%	20%	40%	60%	80%	100%
	0%		3.371.800	6.743.700	10.115.500	13.487.400	16.859.200
600.700	20%	3.532.700	3.972.500	7.344.400	10.716.200	14.088.100	17.459.900
1.201.500	40%	1.201.500	4.573.300	7.945.200	11.317.000	14.688.900	18.060.700
1.802.200	60%	1.802.200	5.174.000	8.545.900	11.917.700	<b>15.289.600</b>	18.661.400
2.403.000	80%	2.403.000	5.774.800	9.146.700	12.518.500	15.890.400	19.262.200
3.003.700	100%	3.003.700	6.375.500	9.747.400	13.119.200	16.491.100	19.862.900

Grundlegend für den Ausbau der Photovoltaik ist eine Änderung der gesetzlichen Rahmenbedingungen. Die aktuell noch gültige Begrenzung des Bundes für den Zubau von Photovoltaik auf 52 Gigawatt muss schnellstens aufgehoben werden. Beim Weiterbestehen dieser Deckelung wäre nur ein Bruchteil des notwendigen PV-Potenzials umzusetzen.

### 5.3.3 Wasserkraft

Wasserkraft spielte im bayrischen Strommix lange Zeit eine gewichtige Rolle, vor allem auch durch die Nutzung in Oberbayern. Die Potenziale an lukrativen Standorten sind weitestgehend ausgeschöpft. Der Neubau an kleineren Fließgewässern ist aus ökologischen Gründen und wegen der relativ geringen Erträge oft problematisch. Selbst wenn in Einzelfällen durch Repowering vorhandener Anlagen größere Erträge erzielt werden können, kann dies vermutlich nur die Ertragseinbußen, durch den zukünftigen Rückgang der Niederschläge im Sommer bzw. Verlagerung in den Winter, kompensieren. Als Wasserkraftpotenzial der EMN wird der aktuelle Stromertrag angenommen, ein zusätzliches Wasserkraftpotenzial wird nicht angesetzt.

Tabelle 17 Wasserkraftpotenzial bis 2030 und 2050

Wasserkraftpotenzial 2030 und 2050 in MWh/a					
Anteil energetischer Nutzung	20%	40%	60%	80%	100%
<b>2030</b> (MWh/a)	93.000	186.000	279.100	372.100	<b>465.100</b>
<b>2050</b> (MWh/a)	93.000	186.000	279.100	372.100	<b>465.100</b>

### 5.3.4 Biogas-Kraft-Wärme-Kopplung

In Biogasanlagen wird aus pflanzlichem Substrat oder Gülle in einem Fermenter Biogas hergestellt, das in einer KWK-Anlage Strom und Wärme bereitstellt. Der Strom wird in der Regel in das Netz eingespeist und nach dem EEG vergütet, eine sinnvolle und umfassende Wärmenutzung ist jedoch oft nicht vorhanden. Zur Unterstützung der Prozesse im Fermenter wird, speziell in der kalten Jahreszeit, ein Großteil



der erzeugten Wärme benötigt. Die Anlagen haben aus wirtschaftlichen Aspekten relativ lange Laufzeiten. Häufig gibt es für den Sommer keine Wärmenutzung, die fossile Energieträger ersetzt. Oftmals wird die vorhandene Wärme für Trocknungsprozesse (Holz, Hackschnitzel, Getreide) eingesetzt, die ansonsten ohne zusätzliche Energiezufuhr abgelaufen wären. Die spezifischen Stromgestehungskosten und die THG-Emissionen sind mit Abstand die höchsten bei der regenerativen Stromerzeugung. Aus ökologischen Gesichtspunkten sind Biogasanlagen aufgrund des massiven Maisanbaus nicht unumstritten. Durch den Einsatz alternativer Energiepflanzen (z.B. durchwachsene Silphie, *Silphium perfoliatum*) könnte, bei geringen Ertragseinbußen, dieser Kritikpunkt jedoch behoben werden. Der aktuellen Stimmungslage nach wird die Anzahl der Biogasanlagen bis 2040 massiv zurückgehen. Dies wurde in der Potenzialanalyse berücksichtigt. Die freiwerdenden Ackerflächen, die nicht mehr für den Substratanbau benötigt werden, können so der Nutzung als Kurzumtriebsplantagen (KUP) zugeordnet werden. Ein Teil der energetisch genutzten Ackerflächen (20%) wurde dennoch weiterhin für den Anbau von Energiepflanzen für Biogasanlagen angesetzt, um den Einsatz in bestehenden Wärmenetzen mit vollständiger Wärmeauskoppelung und -nutzung abzudecken. Die Einsatzzeiten der Biogasanlagen sollten sinnvollerweise auf die Zeiträume beschränkt werden, in denen wenig andere erneuerbare Energien zur Verfügung stehen. Dies ist für die Erzeugung und Speicherung des Biogases technisch und biologisch aufwendig und würde zusätzliche Investitionen erfordern. Bei der aktuellen Vergütungsstruktur hätte dies jedoch massive wirtschaftliche Auswirkungen. Als Biogaspotenzial für die Stromherstellung werden für 2030 80% des aktuellen Ertrags und für 2050 20% angesetzt. Dies sind 1.956 GWh (2030) und 489 GWh (2050).

Tabelle 18 Potenzial Biogas Strom 2030 und 2050

<b>Biogaspotenzial Strom 2030 in MWh/a</b>					
Anteil energetischer Nutzung	20%	40%	60%	80%	100%
<b>2030</b> (MWh/a)	489.000	977.900	1.466.900	1.955.800	2.444.800
<b>2050</b> (MWh/a)	489.000	977.900	1.466.900	1.955.800	2.444.800

Die Potenziale für die Wärmenutzung liegen deutlich unter denen für die Stromerzeugung. Das angeetzte Potenzial für 2030 beträgt mit 920 GWh 80% des aktuellen Flächenansatzes, das Potenzial für 2050 beträgt 230 GWh (20%).

Tabelle 19 Potenzial Biogas Wärme 2030 und 2050

<b>Biogaspotenzial Wärme 2030 in MWh/a</b>					
Anteil energetischer Nutzung	20%	40%	60%	80%	100%
<b>2030</b> (MWh/a)	230.100	460.200	690.300	920.400	1.150.500
<b>2050</b> (MWh/a)	230.100	460.200	690.300	920.400	1.150.500

### 5.3.5 Solarthermie

Bei der Ermittlung des solaren Dachflächenpotenzials wurde ein geringer Flächenanteil zur Nutzung durch Solarthermie reserviert. Die Nutzung der solaren Einstrahlung durch Solarthermie liefert in etwa dreimal so hohe spezifische Erträge wie die Photovoltaik. Zudem sind die Anlagen deutlich günstiger und weniger sensibel bei temporären Verschattungen. In den letzten Jahren ist Solarthermie als Nutzungsmöglichkeit solarer Energie etwas ins Hintertreffen geraten. In Kombination mit Biomasseheizungen ermöglicht der Einsatz von Solarthermie im Sommerhalbjahr, das begrenzte Biomassepotenzial für die

Wintermonate aufzusparen. Speziell im Einsatz bei Wärmenetzen bietet Freiflächensolarthermie eine kostengünstige Energiebereitstellung im Sommer. Die Energieerträge pro Hektar liegen um ein Vielfaches über denen von fester Biomasse. Auch unter den Gesichtspunkten der Flächenökonomie sollte Biomasse so weit wie möglich durch Solarthermie unterstützt bzw. ersetzt werden.

Die Versorgung von Gebäuden mit Heizwärme und Warmwasser ausschließlich durch Solarthermie ist nur mit komplexen Speichertechnologien möglich. Solarthermie als einziger Wärmeerzeuger wird vermutlich auch in Zukunft nur begrenzte Anwendung finden. Deshalb wird das Potenzial für Solarthermie neben dem Flächenansatz auch durch den Anteil von Heizwärme und Warmwasser beschränkt, der durch Solarthermie mit Unterstützung von konventionellen Pufferspeichern zu decken ist. Diese Anteile wurden durch die Festlegung umsetzbarer Anteile von Solarthermie für Warmwasserbereitung und Heizwärme für die Sektoren GHD1 und private Haushalte bestimmt. Das angesetzte Solarthermiepotenzial, das über das Dachflächenpotenzial (entsprechend der angesetzten Umsetzungsraten) hinausgeht, muss durch Freiflächensolarthermie gedeckt werden.

In der Potenzialberechnung bis 2030 wird von einer Umsetzung von 20% des einfach nutzbaren Solarthermiepotenzials ausgegangen, dies entspricht 445 GWh. Hierfür ist eine Nutzung von 25% des Dachflächenpotenzials nötig bzw. bei einem geringeren Einsatz von Dachflächensolarthermie die entsprechende Menge an Freiflächensolarthermie.

Tabelle 20 Solarthermie Potenzial bis 2030

<b>Solarthermie 2030 in MWh/a</b>						
<b>Solarthermiepotenzial</b>		<b>444.600</b>	889.100	1.333.700	1.778.200	2.222.800
		20%	40%	60%	80%	100%
<b>genutztes Dachflächenpotenzial</b>		<b>notwendige Freiflächen</b>				
20%	352.600	92.000	536.500	981.100	1.425.600	1.870.200
40%	705.300		183.800	628.400	1.072.900	1.517.500
60%	1.057.900			275.800	720.300	1.164.900
80%	1.410.600				367.600	812.200
100%	1.763.200				15.000	459.600

Tabelle 21 Solarthermie Potenzial bis 2050

<b>Solarthermie 2050 in MWh/a</b>						
<b>Solarthermiepotenzial</b>		889.100	1.778.200	2.667.400	<b>3.556.500</b>	4.445.600
		20%	40%	60%	80%	100%
<b>genutztes Dachflächenpotenzial</b>		<b>notwendige Freiflächen</b>				
20%	423.200	465.900	1.355.000	2.244.200	3.133.300	4.022.400
40%	846.300	42.800	931.900	1.821.100	2.710.200	3.599.300
60%	1.269.500		508.700	1.397.900	2.287.000	3.176.100
80%	1.692.700		85.500	974.700	1.863.800	2.752.900
100%	2.115.800			551.600	1.440.700	2.329.800

Bis 2050 wird von einem umgesetzten Solarthermiepotenzial von 3.557 GWh ausgegangen. Dies entspricht 80% des einfach nutzbaren Potenzials. Selbst bei einer umfangreichen Nutzung der Dachflächen von ebenfalls 80% muss über 50% der Energie über Freiflächen bereitgestellt werden. Hierfür könnten z.B. lärmbelastete Flächen an Straßen oder Schienenwegen hergenommen werden. Der Solarthermieanteil in Wärmenetzen hat einen preisstabilisierenden Effekt, da neben den Investitionen nur geringe laufende Kosten, die Preissteigerungen unterliegen, auftauchen.

Um die für 2050 angesetzte Wärmebereitstellung zu erreichen, ist ein massiver Ausbau der Solarthermie von Nöten. Die Energiebereitstellung beträgt dann das Achtfache des aktuellen Wertes.

### 5.3.6 Feste Biomasse

Das Potenzial von Biomasse setzt sich aus dem Waldholzpotenzial und dem Potenzial von Kurzumtriebsplantagen (KUP) zusammen. Die geringen Anteile von Restholz und Gartenholz werden nicht separat aufgeführt.

Die energetische Nutzung von Waldholz bietet einen Energieträger, der zwar erneuerbar ist, der in der zur Verfügung stehenden Menge aber begrenzt ist. Durch eine energetische Nutzung werden relativ wenig THG-Emissionen freigesetzt, da die bei der Verbrennung entstehenden Treibhausgase vorher aus der Atmosphäre entnommen und im Holz gespeichert wurden. Eine stoffliche Nutzung des Waldholzes entnimmt jedoch Treibhausgase aus der Atmosphäre und lagert es für die Dauer der Nutzung ein. Nach Ablauf der Nutzung besteht zudem immer noch die Möglichkeit einer thermischen Verwertung.

Tabelle 22 Potenzial Waldholz bis 2030 und 2050

Waldholzpotenzial 2030 und 2050 in MWh/a					
Anteil energetischer Nutzung	15%	20%	25%	30%	35%
<b>2030</b> (MWh/a)	3.233.200	4.310.900	<b>5.388.600</b>	6.466.300	7.544.100
<b>2050</b> (MWh/a)	2.051.800	2.735.800	<b>3.419.700</b>	4.103.600	4.787.600

Der Klimawandel macht einen massiven Umbau unserer Wälder hin zu Wärme und Trockenheit resistenteren Baumarten erforderlich. Im Zuge dieser Maßnahmen fällt bis Mitte der dreißiger Jahre ein deutlich höheres Waldholzpotenzial an. Insgesamt werden jedoch lediglich 25% der nachwachsenden Biomasse für eine energetische Nutzung angesetzt. Dies entspricht einem Energiegehalt von ca. 5.389 GWh bis zum Jahr 2030. Nach Abschluss der Waldumbaumaßnahmen (spätestens 2040) verringert sich das zur Verfügung stehende Potenzial deutlich. Zur energetischen Nutzung werden dann lediglich 3.420 GWh angesetzt.

Aktuell spielt die Nutzung von Kurzumtriebsplantagen (KUP) keine relevante Rolle und die Nutzung von Biomasse besteht überwiegend aus Waldholz. Dem Ausbau der Nutzung von Waldholz zur energetischen Nutzung steht die CO<sub>2</sub>-Speicherung bei einer stofflichen Nutzung entgegen. Kurzumtriebsplantagen bieten zusätzliches Potenzial an fester Biomasse. Mit dem Rückgang der Biogasanlagen stehen Ackerflächen, die bereits energetisch genutzt wurden, für die Anlage von Kurzumtriebsplantagen zur Verfügung, ohne dass zusätzliche Flächen der Lebensmittels- und Futtermittelproduktion entnommen werden müssen. Als Flächenansatz für KUP werden 2030 20% und 2050 80% der energetisch genutzten Ackerflächen hergenommen, die restlichen Flächen verbleiben zum Substratanbau für Biogasanlagen. Der Flächenertrag von KUP entspricht in etwa der von Mais für die Biogasproduktion. Die Emissionsbilanz ist jedoch deutlich günstiger, da während der Standzeit der Plantage keinerlei maschinelle Bearbeitungsschritte notwendig sind. Kurzumtriebsplantagen können, wenn sie entsprechend angelegt wurden, während ihrer Standzeit zudem eine wichtige Funktion im Sinne der Artenvielfalt erfüllen. Bei einer Nutzung von 20% des Flächenpotenzials von 2030 werden 121 GWh als nutzbares Biomassepotenzial von Kurzumtriebsplantagen angesetzt. Eine Nutzung von 100% des Flächenpotenzials führt 2050 zu 2.421 GWh nutzbarem Biomassepotenzials.

Tabelle 23 Potenzial KUP bis 2030 und 2050

Kurzumtriebsplantagen Potenzial 2030 und 2050 in MWh/a					
Anteil Fläche Energiepflanzen	20%	40%	60%	80%	100%
<b>2030</b> (MWh/a)	<b>121.000</b>	242.100	363.100	484.100	605.200
<b>2050</b> (MWh/a)	484.100	968.300	1.452.400	1.936.500	<b>2.420.600</b>

Insgesamt stehen 2030 ca. 5.510 GWh an fester Biomasse zur Verfügung.

Tabelle 24 Potenzial feste Biomasse 2030

Potenzial feste Biomasse 2030 in MWh/a							
2030	KUP	0	121.040	242.080	363.120	484.160	605.200
Waldholz		0%	20%	40%	60%	80%	100%
4.310.900	20%	4.310.900	4.431.940	4.552.980	4.674.020	4.795.060	4.916.100
5.388.600	25%	5.388.600	<b>5.509.640</b>	5.630.680	5.751.720	5.872.760	5.993.800
6.466.300	30%	6.466.300	6.587.340	6.708.380	6.829.420	6.950.460	7.071.500

Durch den deutlich höheren Flächenertrag von KUP im Vergleich zu Waldholz wird der Rückgang der Erträge beim Waldholz durch die Zunahme bei KUP bis 2050 überkompensiert. 2050 beträgt das Potenzial an fester Biomasse insgesamt 5.840 GWh.

Tabelle 25 Potenzial feste Biomasse 2050

Potenzial feste Biomasse 2030 in MWh/a							
2030	KUP	0	121.040	242.080	363.120	484.160	2.420.600
Waldholz		0%	20%	40%	60%	80%	100%
2.735.800	20%	2.735.800	2.856.840	2.977.880	3.098.920	3.219.960	5.156.400
3.419.700	25%	3.419.700	3.540.740	3.661.780	3.782.820	3.903.860	<b>5.840.300</b>
4.103.600	30%	4.103.600	4.224.640	4.345.680	4.466.720	4.587.760	6.524.200

### 5.3.7 Wärmepumpen (Umweltwärme, Abwärme)

Der Einsatz von Wärmepumpen ist die Schlüsseltechnologie für die Gebäudebeheizung und Warmwasserbereitstellung. Neben der oberflächennahen Geothermie ist die Umgebungsluft die überwiegende Wärmequelle, die Potenziale von (industrieller) Abwärme sind auf Einzelfälle beschränkt und sehr überschaubar. Mit der Umgebungswärme und oberflächennahen Geothermie steht jedoch ein ausreichendes Potenzial zur Verfügung. Begrenzend wirken eher Schwierigkeiten, höhere Temperaturen wirtschaftlich bereitzustellen. So ergibt sich das ansetzbare Potenzial, ähnlich wie bei der Solarthermie, auch aus dem Nachfragepotenzial für Heizwärme und Warmwasser und weniger aus dem Angebotspotenzial.

Für 2030 wird eine Abdeckung des vorhandenen Potenzials von 20% angesetzt, dies ergibt einen Wärmeeinsatz durch Umweltwärme von 6.560 GWh. Durch Effizienzmaßnahmen verringert sich bis 2050 der Wärmebedarf, der durch Wärmepumpen gedeckt werden kann, deutlich. Bei einer Deckungsrate von 60% ergibt dies ein umgesetztes Potenzial von 16.424 GWh.

Tabelle 26 Potenzial Umweltwärme/ Abwärme 2030

Umweltwärme/ Abwärme Potenzial 2030 und 2050 in MWh/a							
		10%	20%	40%	60%	80%	100%
<b>Potenzial 2030</b>	<b>32.799.300</b>	3.279.900	<b>6.559.900</b>	13.119.700	19.679.600	26.239.400	32.799.300
<b>Potenzial 2050</b>	<b>27.372.600</b>	2.737.300	5.474.500	10.949.000	<b>16.423.600</b>	21.898.100	27.372.600

### 5.3.8 Erneuerbare Energien gesamt

Die angesetzten Potenziale in der EMN ermöglichen es im Szenario III den Bedarf an erneuerbare Wärme vollständig und den Strombedarf zu 87% bilanziell zu decken. Dies bedeutet jedoch, dass es Zeiten geben kann, in denen in der EMN mehr Strom produziert wird als benötigt und Zeiten, in denen die Deckungsrate deutlich unterschritten wird. Eine Auslegung der Heizungsanlagen mit Pufferspeicher, in denen relativ einfach und sehr kostengünstig Strom als Wärme gespeichert werden kann, ist Grundlage für eine Angleichung von Erzeugung und Bedarf. Speicherfähige erneuerbare Energien (Biomasse) dürfen nur zu Zeiten eingesetzt werden, wenn keine anderen erneuerbaren Energien zur Verfügung stehen.

Die darüber hinaus gehenden Maßnahmen für eine gesicherte Wärme- und Stromversorgung sind in einem größeren Rahmen als der EMN zu treffen.

Tabelle 27 Potenzial erneuerbare Energien 2030

Potenziale erneuerbare Energien 2030 und 2050 in MWh/a							
Strom	Potenzial 2030			Potenzial 2050			
	angesetzt	gesamt	Anteil	angesetzt	gesamt	Anteil	
Windkraft	4.581.800	12.359.400	37%	14.761.800	21.501.500	69%	
Photovoltaik	7.065.600	17.663.900	40%	15.289.600	19.862.900	77%	
Wasserkraft	465.100	465.100	100%	465.100	465.100	100%	
Biogas Strom	1.955.800	2.444.800	80%	489.000	2.444.800	20%	
<b>Summe Stromerzeugung</b>	<b>14.068.300</b>	<b>32.933.200</b>	<b>43%</b>	<b>31.005.500</b>	<b>44.274.300</b>	<b>70%</b>	

Tabelle 28 Potenzial erneuerbare Energien 2050

Potenziale erneuerbare Energien 2030 und 2050 in MWh/a							
Wärme	Potenzial 2030			Potenzial 2050			
	angesetzt	gesamt	Anteil	angesetzt	gesamt	Anteil	
Biogas Wärme	920.400	1.150.500	80%	230.100	1.150.500	20%	
Biomasse fest	5.509.640	5.993.800	92%	5.840.300	5.840.300	100%	
Solarthermie	444.600	2.222.800	20%	3.556.500	4.445.600	80%	
Umweltwärme	6.559.900	32.799.300	20%	16.423.600	27.372.600	60%	
<b>Summe Wärmebereitstellung</b>	<b>13.434.540</b>	<b>42.166.400</b>	<b>32%</b>	<b>26.050.500</b>	<b>38.809.000</b>	<b>67%</b>	

Der Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung durch Wind und Photovoltaik sind die Säulen für die Reduktion der THG-Emissionen bis 2050. Die Umsetzung des umfangreichen Potenzials setzt jedoch eine Unterstützung des Bundes und Landes durch gesetzgeberische Maßnahmen voraus. Ohne die Aufhebung der zwei großen Hemmnisse 10-H Regel (Land) bei der Windkraft und 52 GW-Deckel (Bund) bei der Photovoltaik ist eine Reduktion der THG-Emissionen um über 90% **nicht** zu erreichen.

## 5.4 Sonstige THG-Emissionen

### 5.4.1 Bauwirtschaft

Bei der Errichtung von Gebäuden wird, entsprechend der eingesetzten Baumaterialien eine große Menge „grauer“ Energie benötigt. Speziell für die Herstellung von Bauteilen aus (Stahl-)Beton wird sehr viel Energie aufgewendet. Die Herstellung von Zement ist für annähernd 5% der weltweiten Emissionen

verantwortlich. Durch die Verwendung von Carbon- bzw. Glasfasern als Bewehrung könnte der Betonbedarf bei vielen Bauteilen verringert werden. Dies ist jedoch noch nicht „Stand der Technik“ und der Einsatz dieser Technologien ist eher begrenzt.

Ein größeres Potenzial zur Verringerung der Emissionen hat der Einsatz von Holz als Baumaterial von Gebäuden. Die Anwendungsmöglichkeiten reichen von Stützen und Trägern mit statischen Funktionen, über Bretter und Platten als Flächenbauteile und Fassadenverkleidungen bis hin zu Wärmedämmungen auf Holzbasis. Aktuell werden bzw. wurden in verschiedenen europäischen Ländern bereits Hochhäuser weitestgehend aus Holz errichtet. Die bessere THG- Bilanz wird durch den Vorteil von kurzen Transportwegen und einer regionalen Wertschöpfung noch ergänzt. Zudem bindet Holz beim stoffliche Einsatz CO<sub>2</sub>, das es während der Wachstumsphase aus der Atmosphäre entnommen hat, für die Dauer seiner Nutzung. Neben der um ein Vielfaches besseren CO<sub>2</sub>-Bilanz im Vergleich zu einem Stahlbetonbau fungieren Holzbauten also auch als CO<sub>2</sub>-Speicher. Bei (kommunalen) Bauvorhaben sollte dem regionalen Baustoff Holz, soweit möglich, der Vorzug vor anderen Baustoffen gegeben werden.

#### 5.4.2 Landwirtschaft

Die Landwirtschaft nimmt eine besondere Stellung im Klimaschutz ein. Sie ist unmittelbar von den durch die Klimaentwicklung verursachten Extremwettern betroffen. Gleichzeitig stellt sie mit ihren Treibhausgasen einen Sockel dar, der nur in einem begrenzten Rahmen eingedämmt werden kann.

Hauptverursacher sind Methanemissionen bei der Verdauung von Wiederkäuern (35%) sowie Lachgasemissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden (mineralische Dünger, Rinder- und Schweineexkremate, etc.).

In der Behandlung von Wirtschaftsdüngern können die größten Erfolge in einer Ausweitung der Vergärung von Gülle in Biogasanlagen und der gasdichten Abdeckung von Güllelagern erzielt werden. Inwieweit eine Vergärung von Gülle in Biogasanlagen wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll umgesetzt werden kann, hängt u.a. von der Größe des Viehbestandes ab. Eine generelle gasdichte Abdeckung von Güllelagern muss gesetzlich zur Vermeidung von schädlichen Umweltgasen geregelt werden. Im Bereich der Nutzung von landwirtschaftlichen Böden müssen die Anstrengungen zur Effizienzsteigerung des Düngemittleinsatzes bedeutend ausgebaut werden. Positiver Nebeneffekt ist der Abbau von Stickstoffüberschüssen d.h. die Verringerung der Nitratbelastung. Gerade hier hat Deutschland im Vergleich zu vielen EU-Ländern noch erheblichen Nachholbedarf, wenn auch in der EMN die Belastung deutlich geringer ist, als in anderen Gebieten Deutschlands.

Um Emissionen zu verringern, wird in der Rinderhaltung eine Zufütterung von Spezialfutter, das den Methanausstoß hemmt, notwendig sein. Ein verändertes Verbraucherverhalten in Bezug auf den Konsum tierischer Lebensmittel und eine Reduktion des Exports von Fleisch könnte, durch eine Extensivierung der Tierhaltung, zu einer deutlichen Senkung der THG-Emissionen führen. Damit verbunden wäre jedoch auch eine Preissteigerung für tierische Produkte, die vom Verbraucher zu tragen ist.



### 5.4.3 Ernährung

Die jeweilige Art der Ernährung hat einen großen Einfluss auf den persönlichen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und somit auch auf die THG-Emissionen einer Gesellschaft. Die Emissionen, die sich aus der jeweiligen Ernährungsform ergeben, resultieren einerseits aus produktionsbedingten Emissionen (Viehhaltung, Düngemittel, etc.) und andererseits aus energetisch bedingten Emissionen (Transport, Lagerung, Verarbeitung, etc.). Die energetisch bedingten Emissionen sind in der sektoralen Betrachtung enthalten, die produktionsbedingten Emissionen wurden in der Studie nicht berücksichtigt.

Die Höhe der jeweiligen ernährungsbedingten Emissionen ergibt sich aus den folgenden Parametern,

- Art der Ernährung (vegane bis fleischbetonte Ernährung)
- Regionalität (ausschließlich regional bis häufig eingeflogene Ware)
- Saisonalität (ausschließlich bis keine Berücksichtigung saisonale Produkte)
- Verwendung von Tiefkühlkost (nie bis gelegentliche Verwendung)
- Verwendung von Bioprodukten (hauptsächliche Verwendung bis keine Verwendung)

Eine genaue Bilanzierung der jeweiligen Ernährungsform lässt sich nur in einer Detailbetrachtung erstellen, da es bei jedem Aspekt viele Abstufungen gibt, die eine unterschiedliche Gewichtung aufweisen. So bedingt der Konsum unterschiedlicher Fleischarten auch unterschiedliche Emissionen oder hat die Produktionsweise von Lebensmitteln auch innerhalb der Sparten konventionelle oder biologische Erzeugung einen sehr großen Einfluss. Genauso spielen die eingesetzten Transportmittel und die Entfernung für den Transport eine große Rolle, sodass regionale konventionelle Produkte besser sein können (nicht müssen), als nicht regionale oder saisonale Bioprodukte. Eine grobe Abschätzung der Relevanz der einzelnen Parameter ermöglicht der CO<sub>2</sub>-Rechner des Bundesumweltamtes. Dort wird, bei einer Einzelbetrachtung der Parameter, der Art der Ernährung ein Einflussbereich von bis zu 52%, der Regionalität und Saisonalität jeweils bis zu 10%, der Verwendung bzw. Nichtverwendung von Tiefkühlprodukten von bis zu 4% und der biologischen Produktion ein Einfluss von bis zu 6 % zugeordnet.

Zusätzliche Reduktionspotenziale ergeben sich aus der Vermeidung von Lebensmittelverschwendung. In Deutschland wird ein großer Teil der produzierten Lebensmittel nicht verzehrt, sondern als Müll entsorgt, obwohl er noch zum Verzehr geeignet ist. Ein anderer Teil kann durch falsche Lagerung oder Vorratshaltung nicht mehr verzehrt werden.

Eine breit angelegte weltweite Studie (Food in the Anthropocene, Lancet Commission, 2019) ergab u.a., dass der Fleischkonsum in Deutschland auf ein Zehntel zurückgehen kann. Ein Umdenken, gerade bei vielen jungen Leuten findet bereits statt. Durch gezielte Kampagnen könnte eine breitere Masse erreicht werden.

Bei einem Konsumrückgang von tierischen Lebensmitteln könnte ein Teil der landwirtschaftlichen Flächen, die momentan für Futtermittelanbau genutzt werden, entweder zukünftig für die Energiegewinnung verwendet werden, oder die Landwirtschaft könnte durch weniger intensive Flächenbewirtschaftung klimaschonender und nachhaltiger im Sinne der Artenvielfalt betrieben werden.



#### 5.4.4 Suffizienz und nachhaltiger Konsum

Unsere Gesellschaft entwickelt sich in Teilen immer mehr zur Konsumgesellschaft. So werden häufig Produkte gekauft, nicht weil sie benötigt werden, sondern weil sie aktuell so billig sind. In Deutschland ist der Konsum der privaten Haushalte für ein Viertel der Treibhausgase verantwortlich (BMU). Jeder Kauf von Produkten ist mit THG-Emissionen für Produktion, Transport, Handel, Nutzung und Entsorgung verbunden. Wird das Produkt nicht genutzt, bleiben die anderen Quellen für Emissionen dennoch erhalten. Klimabewußtes und nachhaltiges Verhalten bedeutet immer auch eine Reduktion des Konsums von Produkten. In einer nachhaltigen Gesellschaft muss der Konsum von kurzlebigen Produkten reduziert werden, die freiwerdende Kaufkraft könnte dann vermehrt für die Inanspruchnahme von Dienstleistungen verwendet werden.

Bei der Kaufentscheidung eines Produktes sollte u.a. auf Langlebigkeit, Betriebs- bzw. Energiekosten, Reparierbarkeit, fairer Handel und Regionalität geachtet werden. Wenn funktionsfähige Geräte, Kleidung, Möbel, Spielzeuge etc. nicht mehr benötigt werden, bieten Flohmärkte, Second-Handläden oder Internetportale die Möglichkeit, einen neuen Nutzer zu finden. Ist ein Gerät kaputt, sollte die Möglichkeit der Reparatur geprüft werden. Neben Fachhandel etablieren sich auch Reparaturkaffees. Zudem gibt es zahlreiche Internetforen, die Hilfestellung bei Problemlösungen anbieten.

Weitere Möglichkeiten zur Reduzierung des Konsums bestehen durch Reparatur, Upcycling (Kleidung, Möbel) oder das gemeinsame Nutzen/Teilen von Produkten (Car-Sharing, Food-Sharing, Bücherei). Durch längere Verwendung bzw. Mehrfachverwendung von Produkten kann der Verbraucher nahezu immer Kosten sparen. Zudem werden Entsorgungskosten reduziert und die regionale Wirtschaft, insbesondere der Dienstleistungsbereich, gestärkt.

Nachhaltiger Konsum hat einen enormen Einfluss auf die Ressourcenschonung und ist ein wichtiger Aspekt im Bereich Energie- und Klimaschutz.

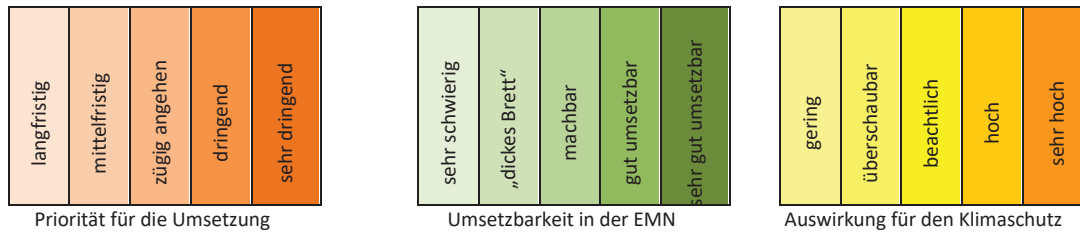
## 6 Maßnahmenprogramm für die EMN

Aus dem Kreis der Akteure, die auf kommunaler Seite mit dem Klimaschutz befasst sind, wurden in den vergangenen Jahren bereits zahlreiche Maßnahmenvorschläge erarbeitet. So wurde im Juli 2017 der aktualisierte Klimapakt der Metropolregion Nürnberg einstimmig beschlossen. Ein Programm zur praktischen Umsetzung wurde erstmals auf der Sitzung des Forums „Klimaschutz und nachhaltige Entwicklung“ im Herbst 2017 diskutiert. Aber auch in den Accelerator-Work-shops der N-ERGIE (2018) und anderen Veranstaltungen wurden Handlungsfelder definiert und Maßnahmen beschrieben, mit denen die Klimaschutzziele der Metropolregion erreicht werden sollen. Diese Vorschläge wurden nun durch Maßnahmen, die sich aus den Untersuchungen dieser Studie ergeben haben, ergänzt. Im folgendem Maßnahmenprogramm wurden die Maßnahmen gegliedert und hinsichtlich der Priorität, mit der sie umgesetzt werden sollen, ihrem Umsetzungspotenzial und ihrem THG-Reduktionspotenzial bewertet. Für alle drei Bewertungskategorien wurden die wichtigsten zehn Maßnahmen aufgelistet. Diese Liste gibt den politischen Entscheidungsträgern einen Leitfaden für zukünftige klimapolitische Entscheidungen.

Die Bewertung der einzelnen Maßnahmen erfolgt mit Hilfe einer jeweils fünfstufigen Skala von langfristig, schwierig umzusetzen und geringe Auswirkungen bis hin zu sehr dringend, sehr gut umsetzbar und

sehr hohe Auswirkungen. Eine hohe Priorität der Umsetzung ergibt sich vor allem für Maßnahmen, die falsche Weichenstellungen verhindern können, oder aufgrund ihrer essenziellen Bedeutung, möglichst zeitnah umgesetzt werden sollen. Dies sind oft Entscheidungen, die die Ausführung von Baumaßnahmen betreffen. Maßnahmen mit hoher Umsetzbarkeit sind in der Regel Maßnahmen, die im Entscheidungsbereich der Kommunen liegen oder Stand der Technik sind, und deshalb einfach umzusetzen sind. Die Auswirkungen von Maßnahmen auf den Klimaschutz bemessen sich nach deren THG-Minderungspotenzial. Hohe Auswirkungen haben u.a. Maßnahmen zur regenerativen Stromerzeugung.

Erläuterungen zur Bewertungsskala:



## 6.1 Erneuerbare Energien, zukunftsfähige Energieversorgung

Die Energieversorgung der Zukunft in der Metropolregion Nürnberg muss erneuerbar, dezentral, technologieoffen und sektorenübergreifend (Strom, Wärme, Transport) sein. Das gegenwärtige Versorgungssystem steht den Zielen der Energiewende oft entgegen oder behindert eine schnelle Umsetzung unnötig. Daher ist es notwendig, nicht nur die Stromversorgung neu zu denken, sondern im Rahmen der Sektorkopplung auch die Wärmeversorgung und Mobilität. Die Metropolregion kann hier über ihre Stadtwerke und regionalen Versorger bzw. Netzbetreiber vor allem auf die unteren Netzebenen einwirken - aber auch hier nur im Rahmen der gesetzlichen Möglichkeiten.

### 6.1.1 Erneuerbare Energien – Strom

Die Erzeugung von regenerativem Strom ist die Schlüsseltechnologie zum Erreichen der Klimaziele. Hier liegen die Potenziale überwiegend in der Photovoltaik und Windkraft. Ein weiterer Ausbau der Wasserkraft oder Biogasnutzung wird kaum stattfinden.

---

#### Ausbau Photovoltaik auf Dachflächen

Wichtige Bestandteile der Energiewende sind der solare Eigenstromverbrauch und die solare Direktversorgung. Durch sie ist eine vom EEG unabhängige, rentable Installation von Photovoltaikanlagen möglich. Die derzeit gültige Regelung einer EEG-Umlage auf Eigenverbrauch ab einer Anlagengröße von 10 kWp führt oft dazu, Anlagen kleiner zu dimensionieren als es vom Flächenpotenzial her möglich ist. So wird ein Großteil der Dachflächen nicht für die PV-Nutzung verwendet, obwohl Ausrichtung und Neigung ideal geeignet sind.

Um die vorhandenen Dachflächenpotenziale vollständig zu nutzen, müssen bereits bei der Planung von Gebäuden Voraussetzungen geschaffen werden, die beste solare Erträge garantieren. Die Ausrichtung und Neigung der Dachflächen sollten für eine solare Nutzung ausgelegt werden.

Die Statik des Daches muss einer zukünftigen Photovoltaikanlage standhalten können. Um Verschattungen zu vermeiden und große ungestört nutzbare Flächen zu erhalten, sollte auf Gauben, Schornsteine und ähnliche Dachaufbauten auf den zur Sonne exponierten Dächern verzichtet werden. Dies hat eine geänderte Formsprache der Architektur zur Folge, die auch in zukünftigen Bebauungsplänen berücksichtigt werden muss.

Bei anstehenden Dachsanierungen gilt es, mögliche Photovoltaikanlagen bereits frühzeitig in die Planungen einzubinden.

Alle kommunalen Gebäude sollten nach Möglichkeit mit PV-Anlagen ausgestattet werden. Für Kommunen empfiehlt sich einen PV-Fahrplan erstellen zu lassen, indem alle Dächer und sonstige zur Verfügung stehenden Flächen auf PV-Umsetzung geprüft werden. Soweit keine wichtigen Gründe dagegensprechen, sollten alle Potentiale zügig umgesetzt werden.

Werden Photovoltaikanlagen bereits in Planungsphasen berücksichtigt, entstehen in der Regel am Baukörper keine bzw. nur wenige Zusatzkosten. Damit amortisieren sich bei geeigneten Flächen die Anlagen meist nach der Hälfte der geplanten Nutzungsdauer. Die Stromgestehungskosten einer Aufdachanlage liegen bei 7 bis 15 Cent pro kWh. Die Installationskosten der Anlage belaufen sich je nach Größe und Ausführung auf 1.000 €/kWp – 1.800 €/kWp.

In der EMN sind PV-Anlagen mit einer jährlichen Energieproduktion von 2.761 GWh installiert (2017). Bei Berücksichtigung aller zur PV-Nutzung möglichen Dachflächen, wäre ein Wert von 14.500 GWh im Jahr zu erreichen. Dies entspricht einer Reduktion von circa 8,6 Mio t CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Jahr.



---

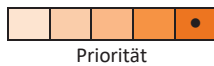
### Ausbau Photovoltaik an Fassadenflächen

Zusätzliches Potenzial für eine solare Stromerzeugung bieten die weitgehend geschlossenen und unverschatteten Fassadenflächen von Gewerbe- und Lagerhallen, Bürogebäuden und Hochhäusern. Neben den klassischen Solarmodulen auf Siliziumbasis kommen an der Fassade Dünnschichtmodule in Betracht. Dünnschichtmodule können der Fassade entsprechende Farbvariationen erhalten und lassen sich damit besser in die Fassadengestaltung integrieren. Außerdem bietet die Dünnschichttechnologie mit einem geringeren Modulgewicht und einer geringeren Temperaturempfindlichkeit Installationsvorteile. Durch die bessere Wärmeverträglichkeit und ein besseres Schwachlichtverhalten können Wirkungsgradverluste ausgeglichen werden.

Die Mehrkosten einer Solarfassade aus Dünnschichtmodulen gegenüber einer herkömmlichen Fassade belaufen sich meist auf weniger als 20 Prozent. Im Vergleich zu anderen optisch hochwertigen Fassaden ist der Einsatz von Dünnschichtmodule oft sogar die preiswertere Lösung. Somit können Solarfassaden an Neubauten oder bei einer anstehenden Sanierung der Gebäudehülle eine kostenneutrale Lösung darstellen.

Mit circa 4 Mio. m<sup>2</sup> angesetzter, potenziell nutzbarer Fassadenfläche kann in der EMN ein Jahresertrag von 400 GWh erzielt werden. Dies entspricht einer Reduktion von 200.000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalent

pro Jahr.



**Ausbau Photovoltaik auf Parkplätzen und versiegelten Flächen**

Photovoltaikanlagen auf Parkplätzen und versiegelten Flächen gehören im Sinne des EEG zu den sonstigen baulichen Anlagen und unterliegen keiner Größenbeschränkung - entgegen Freiflächenanlagen. Potentiale liegen u. a. in der Nutzung von Baumarkt-, Supermarktparkplätzen, Parkhäusern und Park & Ride-Anlagen. So kann auf bereits versiegelten, gut erschlossenen Flächen eine zusätzliche Nutzung erfolgen. Werden die Parkplätze eines Supermarktes mit PV-Modulen ausgestattet, kann der vor Ort erzeugte Strom direkt genutzt werden. Gerade stromintensive kälte- und lüftungstechnische Anwendungen korrelieren mit den Zeiten großer solarer Erträge. Eine hohe Eigenverbrauchsquote ist gewährleistet. Weiterhin eignen sich die Parkplätze ideal zur Platzierung von Ladesäulen zur E-Mobilität. Die zusätzliche Beschattung dient als Schutz vor Aufheizung der abgestellten Fahrzeuge; ein geringerer Einsatz von Klimaanlage ist die Folge.

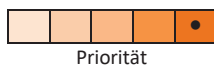
Die Investitionskosten belaufen sich je nach Ausführung der Trägerkonstruktion und Auswahl der Module auf 2.000-3.000 €/kWp.

PV-Anlagen refinanzieren sich in der Regel über das EEG und die Stromeigennutzung schon deutlich vor Ablauf der Lebensdauer. Der Anstieg der Strombezugskosten, geplante Vergütungsmodelle für den Lastenausgleich wie auch eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung werden die Wirtschaftlichkeit weiter erhöhen.

Die EMN weist ein Potential von 1,2 Mio. m<sup>2</sup> Parkplatzfläche auf. Dies bietet Platz für die Installation von 200 MW PV-Leistung. Unter Berücksichtigung von Verschattungen und sonstigen Einschränkungen (Bepflanzungen) lässt sich ein Jahresertrag von 125 GWh erzielen. Dies entspricht einer Reduktion von circa 75.000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Jahr.

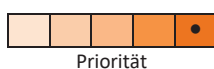
Beispielprojekte:

Supermarkt Parkplatz, Nördlinger Str. 44, Schwabach



**PV Freiflächen**

Der Ausbau von Photovoltaik auf Freiflächen wird sich künftig nicht mehr nur auf die vom EEG vorgegebenen Flächenkulisse beschränken. Der Freistaat hat eine Ausweitung des Kontingents für PV auf benachteiligten Ackerflächen angekündigt. Zudem können Anlagen inzwischen auch ohne EEG wirtschaftlich betrieben werden, zum Beispiel zur Direktversorgung größerer Verbraucher. Die Kommunen der EMN sollte sich daher rechtzeitig mit dem Thema befassen, wenn eine Steuerung und Lenkung (z.B. über Flächennutzungs- und Bauleitplanung) gewünscht sind.



## PV auf landwirtschaftlichen Flächen (Agro PV)

Bei Agro-Photovoltaikanlagen (APV) werden die Flächen sowohl energetisch durch PV-Anlagen als auch landwirtschaftlich genutzt. Dadurch wird der Konflikt zwischen landwirtschaftlicher Produktion und Energienutzung vermieden. Dies erhöht die Akzeptanz für Freiflächen-PV-Anlagen erheblich. Durch Teilverschattung der semitransparenten Module können sogar, bei geeigneten Pflanzkulturen, die Ernteerträge gesteigert werden. Gerade in von Hitze geprägten Sommern und in regenarmen Gebieten entstehen somit neue Erntepotenziale.

Neben einer Modulaufständigung zur Durchfahrt unter den Modulen, besteht die Möglichkeit zur senkrechten Anordnung von bifazialen Modulen. Die Abstände der Modulreihen sind hier so gewählt, dass eine Durchfahrt zwischen den Modulen möglich ist.

Bei einer senkrechten Aufstellung in dafür typischer Ost-West-Ausrichtung weist das Erzeugungsprofil, statt des ausgeprägten Mittagshochs einer Südanlage, Morgen- und Nachmittagspeaks auf. Dadurch lassen sich am Strommarkt höhere Erlöse erzielen. Die Stromgestehungskosten der aufgeständerten Photovoltaikanlage liegen bei 9 ct/kWh. Damit ist Agro-PV günstiger als kleine Dachanlagen, aber teurer als Freiflächen-PV. Zudem entfällt die landwirtschaftliche Förderung für Agro-PV-Flächen.

Um Agro-PV zu fördern, sind spezielle staatliche Förderungen notwendig, damit dies keine Nischentechnologie bleibt. Alternativ zu einer gezielten Förderung, wäre ein neues Ausschreibungsmodell denkbar, das innovative Technologien fördert.

Das Potenzial für Agro-PV umfasst theoretisch die gesamte Landwirtschaftsfläche in der EMN. Aus landwirtschaftlichen Aspekten sollte Agro-PV nur bei Anbauflächen angewandt werden, die von einer möglichen Verschattung profitieren bzw. deren Ernteerträge nicht negativ beeinträchtigt werden. Hinzu kommen Einschränkungen bei der technischen Realisierbarkeit, sowie rechtliche Vorgaben. Da sich die Projekte noch in der Pilotphase befinden, können derzeit nur theoretische Flächenabschätzungen und Ertragsprognosen abgegeben werden. Die EMN weist ein landwirtschaftlich genutztes Flächenpotenzial von 900.000 Hektar auf. Bei einer Nutzung von nur 1% der Fläche für Agro-PV, würde dies die solare Stromproduktion der EMN - mit einer zusätzlich installierten Leistung von 4 GW - mehr als verdoppeln. Insgesamt ließen sich so über 2 Mio. t CO<sub>2</sub> Äquivalent pro Jahr einsparen.

Beispiele: Heggelbach, Bodensee, Losheim am See, Saarland (senkrechte Module)



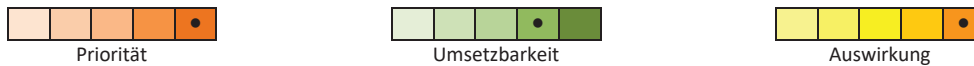
## PV Pflicht auf Neubau

Durch die Einführung einer PV-Pflicht auf Neubauten kann der Ausbau von PV rasch vorangebracht werden. Wird die PV-Anlage bereits beim Entwurf und der weiteren Planung mit einbezogen, kann die Umsetzung unter kostenoptimierten Bedingungen erfolgen.

Die Verpflichtung kann entweder im Bebauungsplan verankert werden oder, wenn die Baugrundstücke im kommunalen Besitz sind, durch einen städtebaulichen Vertrag geregelt werden.

Die Verpflichtung kann unabhängig von der Ausrichtung des geplanten Gebäudes erfolgen. Sowohl Anlagen auf Süddächern wie Anlagen auf West- und Ostdächern sind wirtschaftlich. Südausgerichtete Anlagen erzielen den größeren energetischen Ertrag, ost- westausgerichtete Anlagen haben im Tagesverlauf ein gleichmäßigeres Erzeugungsprofil und ermöglichen durch eine höhere Eigenverbrauchsquote eine gute Rentabilität.

PV-Anlagen amortisieren sich i.d.R. bei geeigneten Flächen meist nach der Hälfte der Anlagenlebensdauer. Eine Umsetzung schon im Zug der Errichtung eines Neubaus führt zu möglichst geringen Investitionen. Die Refinanzierung verbessert sich mit der Höhe der Eigennutzungsquote.



**PV Mieterstromnutzung**

Das vorhandene Mieterstrom-Gesetz der Bundesregierung bietet wenig Anreize und hohe bürokratische Hürden, um eine hauseigene Photovoltaikanlage (BHKW) zur Deckung des Eigenverbrauchs in Mehrfamilienhäusern zu nutzen. Somit bleiben viele für Solarstrom nutzbare Flächen unbelegt. Das 2017 vom deutschen Bundestag verabschiedete Gesetz zur Förderung des Mieterstroms ermöglichte zwar, dass Mieter an der Energiewende teilhaben können, jedoch konnte es bürokratische Hürden nicht verhindern. Zwei Jahre nach Einführung des Gesetzes wurden nur einige wenige Mieterstromprojekte umgesetzt. Einzelne Versorger haben bereits eigene Mieterstrommodelle aufgelegt, die einfacher funktionieren. Die Weiterverbreitung der Ideen zum Beispiel über DGS-Workshops für Versorger, Bauträger und MFH-Besitzer ist daher notwendig.

Die Problematik betrifft neben der Eigennutzung von PV-Strom auch die Eigennutzung von KWK-Strom im Mehrfamilienhaus.



**Ausbau Windkraftanlagen - Neubau**

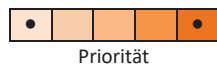
Im Bereich Windkraft ist seit Einführung der 10H-Regel fast vollständiger Stillstand in Bayern zu verzeichnen. Ohne einen signifikanten Ausbau ist mittelfristig sogar mit einem Rückgang der installierten Leistung zu rechnen. Daher muss die Landespolitik ein positives Signal für den Ausbau der Windkraft geben. Dieser Kurswechsel muss mit einem intensiven Bürgerdialog begleitet werden. Bürgerwindkraftanlagen mit regionaler Verankerung können die Akzeptanz in der Bevölkerung erhöhen.



**Ausbau Windkraftanlagen - Repowering**

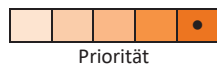
Nahezu ebenso wichtig wie der Neubau von Anlagen ist das Repowering bestehender Anlagen. In der Regel ist die Akzeptanz in der Bevölkerung hier größer als beim Ausbau auf neuen Standorten.

Durch den Einsatz höherer, leistungsstärkerer Anlagen kann die Zahl der Windräder oft reduziert werden. Die größere Höhe neuer Anlagen führt auf bestehenden Standorten aber mitunter zu immissionsschutzrechtlichen Problemen. Wenn erforderliche Abstände nicht eingehalten werden können, fallen Standorte weg.



### Ausbau Windkraftanlagen - alternative Technologien

Neben den klassischen Großwindkraftanlagen bieten Kleinwindkraftanlagen oder gebäudeintegrierte Anlagen Erzeugungspotenziale ohne große Akzeptanzprobleme in der Bevölkerung. Die Erträge dieser Anlagen sind jedoch, aufgrund der geringeren Windgeschwindigkeiten in niedrigen Höhen, deutlich niedriger. Anders als bei der Photovoltaik, bei der unabhängig der Anlagengröße am jeweiligen Standort, die gleiche Globalstrahlung vorhanden ist, verringert sich das Potenzial bei der Windkraft mit der Anlagenhöhe beträchtlich.



#### 6.1.2 Erneuerbare Energien – Wärme

Bei der zukünftigen Wärmeversorgung spielen Wärmenetze eine entscheidende Rolle. Sie erleichtern den und beschleunigen den Einsatz und die Umstellung auf erneuerbare Energien. Gegenüber von Einzellösungen lassen sich Speicher, neue Technologien und bivalente Wärmeerzeugung deutlich effizienter verwirklichen.

### Aus- und Aufbau von Wärmenetzen

Die Potenziale zum Auf- und Ausbau von Wärmenetzen sind in den Kommunen der EMN trotz aller positiven Ansätze der letzten Jahre erst zu einem Bruchteil genutzt. Eine neue Initiative ist erforderlich, die nicht nur neue Projekte erschließt, sondern auch alte, noch nicht umgesetzte Vorhaben wieder aufgreift.

Die zentrale Wärmeversorgung (Fern- und Nahwärme) hat in der EMN einen hohen Stellenwert. Im Jahr 2015 wurden 3.850 GWh Wärme über Wärmenetze bereitgestellt. Dabei stellt das Fernwärmenetz in der Stadt Nürnberg mit 1.300 GWh und 300 km Leitung das mit Abstand größte Einzelnetz dar.

Die zentrale Wärmeversorgung stellt eine sinnvolle Infrastrukturmaßnahme dar, die es ermöglicht, innovative Technologien sinnvoll einzusetzen. Dabei können, neben klassischen Technologien und Wärmeerzeugern auch kalte Wärmenetze (Temperaturen von ca. 10°C) und dezentrale Wärmepumpen, Niedertemperaturnetze, Netze mit Biomasse, großen Solarthermieanlagen, zentralen Wärmepumpen, Biogasanlagen und P2G KWK-Anlagen zum Einsatz kommen.

Der Ausbau der zentralen Wärmeversorgung erfolgt über das Nachverdichten und Erweitern der existierenden Netze und das Installieren neuer Netze. Der Ausbau wird 2050 einen Zielwert von

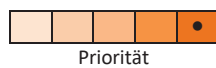


ca. 10.000 GWh erreichen und damit deutlich über dem aktuellen Wert liegen. Die Potenzialabschätzung basiert auf Untersuchungen aus Gesamtdeutschland (Fraunhofer IEE 2019).

Der Ausbau der Wärmenetze steht im Wettbewerb mit der dezentralen Wärmebereitstellung, die in Zukunft hauptsächlich über Wärmepumpen erfolgen wird. Dort, wo der Ausbau der zentralen Wärmeversorgung vorangetrieben werden soll, kann das nur unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten geschehen. Es kann kein Wärmekunde gezwungen werden, an ein unwirtschaftliches Wärmenetz anzuschließen. Somit ist von keinen zusätzlichen Kosten durch den Ausbau der Fernwärme auszugehen, da der Kunde ansonsten die dezentrale Wärmepumpentechnologie wählen würde.

Das Reduktionspotenzial ist nicht genau bezifferbar, da dies sehr stark von der jeweils eingesetzten Technologie abhängig ist.

Förderprogramme:      Wärmenetze 4.0, BAFA; Förderung Wärmenetze, kfw; KWK-G, BAFA




---

### Umstellung bestehende Netze auf erneuerbare Energien

Die Umstellung bestehender Netze auf erneuerbare Wärmeerzeugung muss forciert werden. Soweit aktuell noch Kostennachteile vorhanden sind, müssen diese durch Förderung oder durch eine angemessene CO<sub>2</sub>-Bepreisung ausgeglichen werden.

Wie alle Heizanlagen sollen auch erneuerbare Wärmenetze bivalent betrieben werden und auch erneuerbaren Strom (mit Wärmepumpe oder mittels Heizstab) als Energieträger nutzen, wenn Strom in ausreichender Menge zur Verfügung steht. Auf speicherbare Energieträger (Biomasse) sollte nur im Bedarfsfall zurückgegriffen werden.




---

### innovative Wärmenetz

Neue Erkenntnisse aus der Wärmenetzplanung, z. B. die Einbindung von (Freiflächen-) Solarthermie, der Bau „kalter“ Wärmenetze oder die intelligente Verknüpfung zu SmartHeatGrids, müssen schneller in den Markt einfließen, da sie oft auch erhebliches Potenzial zur Kostensenkung beinhalten. In Kooperation mit Akteuren wie C.A.R.M.E.N. sollte der Informationsaustausch für Planer und Kommunen verstärkt werden.

Solare Wärmenetze sind Wärmenetze, bei denen solarthermische Großanlagen Wärme einspeisen. Vorrangig geht es darum, in zentralen Wärmenetzen andere Energieträger einzusparen (Biomasse, P2Gas...), die dann in den Spitzenlastzeiten im Winter zum Einsatz kommen können.

Bereits heute werden in einigen Ländern (Dänemark, Niederlande) große solarthermische Anlagen in Wärmenetze integriert. Die Wärmegestehungskosten liegen im Bereich von Biomasseanlagen, ohne dass in Zukunft mit Preissteigerungen bei dem Energieträger zu rechnen ist.

Solarthermische Anlagen stellen die Energie nahezu THG-neutral zur Verfügung, und können EE-Wärme von Wärmepumpen, Biomasse oder P2Gas KWK ersetzen. Das Reduktionspotenzial ist abhängig vom Energieträger, der verdrängt wird.

Kalte Wärmenetze in Verbindung mit dezentralen Wärmepumpen verringern die Leitungsverluste des Wärmenetzes und ermöglichen die Einbindung von Wärme auf niedrigem Temperaturniveau.

Beispielprojekte: Nahwärmenetz Hallerndorf, Landkreis Forchheim

Nahwärmenetz Dollnstein, Landkreis Eichstätt



### Solarunterstützte Biomasseheizanlagen

Biomasse ist eine begrenzte Ressource, besitzt aber den Vorteil speicherbar zu sein. Für eine erfolgreiche Energiewende ist ein möglichst effizienter Umgang und gezielter Einsatz von Biomassebrennstoffen wichtig. In Gebäuden mit Biomasseheizung, sollte zukünftig eine Reduzierung des Verbrauchs durch Nutzung von Solarthermie angestrebt werden. Für die Wärmespeicherung kann der als Standardkomponente bei Biomassekesseln vorhandene Pufferspeicher genutzt werden.

Bei Wärmepumpen wäre eine Unterstützung durch Solarthermie ebenso theoretisch denkbar. Eine Nutzung vorhandener Dachflächen durch PV und Eigennutzung des Stroms ist hier sicher sinnvoller. Der höhere Ertrag von Solarthermie im Vergleich zu PV wird durch die Nutzung von Umweltwärme mit Hilfe der Wärmepumpe wieder ausgeglichen.

Der Ausbau der Solarthermie zur Heizungsunterstützung führt zu negativen Vermeidungskosten (BDI, 2018), d.h. die getätigten Investitionen werden im Laufe der Anlagenlebensdauer über die eingesparten Brennstoffkosten refinanziert.

Die Einsparung ist abhängig von Sanierungszustand, Nutzungsfläche und Anzahl der Bewohner.

Förderprogramme

Heizen mit EE (BAFA)



### Wärmepumpen

Wärmepumpen (WP) sind im Neubaubereich (EFH) bereits weit verbreitet. Es sind allerdings vor allem Luftwärmepumpen im Einsatz, die im Winter weniger effizient arbeiten und daher einen höheren Stromverbrauch verursachen. Bei gut gedämmten Gebäuden und insgesamt niedrigen Energiebedarf ist dies dennoch (wirtschaftlich) darstellbar. Bei größerem Wärmebedarf ist die Nutzung von oberflächennaher Geothermie die sinnvollere Lösung.

Für einen weiteren Ausbau der Wärmepumpentechnik und einen effizienten Einsatz muss ein Informationsdefizit sowohl auf Kundenseite als auch bei Handwerksbetrieben behoben werden.

Wärmepumpen werden als eine der wichtigen Schlüsseltechnologien für eine erfolgreiche Dekarbonisierung des Energiesektors angesehen. Dafür gibt es mehrere Gründe:

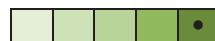
- **Betrieb mit EE-Strom**  
Das Potential EE-Stroms ist deutlich höher als das Potential biogener Brennstoffe bzw. das Wärmepotential aus erneuerbaren Energien.
- **Unterstützung des Stromlastenausgleichs**  
In Verbindung mit Wärmespeichern kann die WP erheblich zum Residuallastausgleich beitragen. Bei positiver Residuallast können WP zugeschaltet werden und auch der Wärmespeicher aufgeladen werden. Bei negativer Residuallast wird das Zuschalten unterbunden, so wie es aktuell schon durch Netzbetreiber, bis zu maximal dreimal zwei Stunden pro Tag, gehandhabt wird. Bei gut gedämmten Häusern ist eine Erweiterung auf insgesamt 9 h pro Tag zukünftig denkbar.
- **Effiziente Wärmebereitstellung**  
Mittels einer kWh Strom können aktuell drei bis vier kWh Wärme erzeugt werden. Dies entspricht einer Jahresarbeitszahl von 3 bzw. 4. Niedrige Vorlauftemperaturen (durch ausreichend dimensionierte Wärmeübertragungsflächen oder Fußbodenheizungen) erhöhen die Effizienz einer Wärmepumpe entscheidend.

Förderprogramme



Priorität

BAFA, KfW



Umsetzbarkeit



Auswirkung

## Abwärme Industrie

Das Abwärmepotenzial in Industrie und Gewerbe ist auch in der EMN umfangreich. Eine sinnvolle Nutzung in größerem Umfang erfolgt bisher aber überwiegend nur bei wenigen Leuchtturmprojekten. Insbesondere Vorbehalte auf Seiten der abgebenden Betriebe erschweren die Nutzung, vor allem, wenn Investitionen notwendig oder Liefergarantien verlangt werden. Unternehmen wollen im Allgemeinen keine mehrjährigen Verpflichtungen eingehen, auch wenn der Standort seit Jahrzehnten besteht. Dies behindert die Nutzung vieler wirtschaftlich umsetzbarer Abwärmepotenziale erheblich. Wenn auf eine Wärmelieferverpflichtung seitens der einspeisenden Unternehmen verzichtet wird, muss für den möglichen Wegfall des Lieferanten, durch alternative Wärmequellen bzw. bivalente Auslegung Vorsorge getroffen werden.

In der EMN liegt der Anteil des Endenergieverbrauchs der Industrie bei ca. 23% (2015). Über 80% des Endenergiebedarfs in der Industrie ist Prozesswärme (BMW 2015), die oft ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird oder sogar mit Energieaufwand ausgeglichen werden muss. Diese Abwärme steht z.B. für Anwendungen in der Raumwärmebereitstellung für GHDI, Kommunen und Privathaushalte zur Verfügung. Da in Zukunft die Raumwärmebereitstellung direkt oder indirekt über EE-Strom erfolgt, kann auf diesem Weg PV-, Wind- oder sonstige Strombereitstellung mit erneuerbaren Quellen eingespart werden. Das Thema ist noch nicht strukturell aufgearbeitet, aber es existiert in der EMN bereits eine Auflistung verschiedener Anlagen zu Abwärmequellen (Energie-Atlas Bayern), die aktuell ca. 60 Anlagen mit verschiedenen Parametern angibt. Aktuell

ist ein INTERREG Forschungsvorhaben abgeschlossen worden (EC-HEAT, Laufzeit 2016 – 2019), in dem neben der systematischen Entwicklung von Potenzialerhebungen auch Hinweise zur Umsetzung gegeben werden.

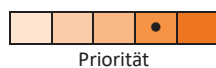
Industrielle Abwärme steht meist kostengünstig zur Verfügung. Es müssen allerdings Rahmenbedingungen gefunden werden, die für die Wärmequelle (Industrie) und die Wärmesenke (GHD, HH, Kommune, Industrie) annehmbar sind. Die notwendigen Investitionen in die Infrastruktur (z.B. Wärmenetze, Übergabestationen, Zähler...) müssen refinanziert werden, was zu mehrjährigen Liefervereinbarungen führen muss. Dies widerspricht dem kurzfristigen Refinanzierungs- und Bindungsansatz in vielen Industriebetrieben. Daher stehen den Projekten weniger Kostengesichtspunkte entgegen als vielmehr untergeordnetes Interesse aus der Industrie. Dem könnte mit einer Kampagne, wie zum Beispiel in NRW und Österreich, entgegengearbeitet werden.

Grundsätzlich entstehen bei der Abwärmenutzung zwar Kosten (Infrastrukturinvestition, Preis für Abwärme...), diese werden aber unter möglichen Alternativen der Wärmebereitstellung liegen.

Reduktionspotenzial für nutzbare Abwärmepotenzial in der EMN beträgt ca. 15-20% (EC-HEAT) des gewerblichen Energiebedarfs. Bei einem angenommenen Mittelwert von 17,5% ergibt dies ein Abwärmepotenzial von 4.238 GWh (Basis 2015).

Förderprogramme: Deutschland machts effizient, BMWI

Beispielprojekte: siehe Energie-Atlas Bayern und EC-HEAT




---

### Wärmenutzung Grüngutkompostierung

Ausweitung der Wärmenutzung bei Grüngutkompostierung. Die entstehende Wärme kann zum Beispiel von angrenzenden Gärtnereien gut genutzt werden.




---

### Geothermie-Offensive

Die vorhandenen Erdwärme-Pilotprojekte innerhalb der EMN sollten zu einer **Geothermie-Offensive** gebündelt und erweitert werden.

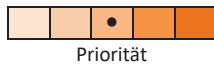



---

### Brennstoffzellen

Brennstoffzellen zur Beheizung von Gebäuden sind serienreif und werden in anderen Ländern teils schon seit Jahren eingesetzt. Insbesondere bei einem überschaubaren Wärme- und Strombedarf sind sie gegenüber herkömmlichen BHKW oft im Vorteil, da sie auch ein besseres Teillastverhalten aufweisen. Die spezifischen Investitionen sind allerdings deutlich höher als bei motorbetriebenen

KWK-Anlagen. Erdgasbetriebene Modelle unterschiedlicher Hersteller sind am Markt verfügbar, die Förderkulisse ist gut, die existierenden Lösungen sind bei Endkunden allerdings fast gänzlich unbekannt. Im Prinzip sind ähnliche Offensiven und Kampagnen wie im Bereich Wärmepumpe notwendig.



### 6.1.3 Kraft-Wärme-Kopplung

Als Brückentechnologie kommt der Kraft-Wärme-Kopplung zumindest für die nächsten ein bis zwei Jahrzehnte eine wichtige Rolle bei der Dekarbonisierung der Energieversorgung zu. Eine langfristig tragbare Lösung kann KWK aber nur sein, wenn in ausreichendem Maß synthetische Brennstoffe auf der Basis erneuerbarer Energie zur Verfügung stehen (P2Gas). Aussagen hierüber sind derzeit noch schwer zu treffen. In jedem Fall macht der Einsatz von KWK heute Sinn, wenn dadurch weniger effiziente, konventionelle fossile Wärmeversorgung verdrängt werden kann. Bereits heute sind in der EMN prozentual an der Gesamtstromerzeugung mehr KWK-Anlagen in Betrieb als im Bundesdurchschnitt. Da auch eine Vielzahl von diesen Anlagen mit Biogas betrieben werden, ist eine nachhaltige Lösung für diese Technologie für die EMN von großer Bedeutung. Für die KWK wird mit hoher Wahrscheinlichkeit die Nutzung von P2Gas eine langfristige Betriebsmöglichkeit darstellen, da der Betrieb mit fossilem Gas nur eine Brückentechnologie darstellen wird. Dabei ist davon auszugehen, dass die derzeitige KWK-Betriebsweise mit hohen Volllaststunden pro Jahr durch eine Leistungsbereitstellung mit geringen Volllaststunden ersetzt wird. So kann die Bereitstellung von planbarer und gesicherter Residuallast als Ausgleich zu den schwankenden erneuerbaren Energien aus Wind und PV gewährleistet werden. Alternativ könnten dies auch Gaskraftwerke ohne Wärmekopplung gewährleisten, die evtl. günstigere Gestehungskosten ermöglichen.

---

#### Biogas Wärmenutzung

Bestehende Biogasanlagen gehen wegen des Auslaufens der EEG-Vergütung einer ungewissen Zukunft entgegen. Erste Anlagen werden davon schon bald betroffen sein. Die EAN geht nach aktueller Sachlage davon aus, dass im Jahr 2035 eine deutlich geringere Anlagenkapazität zur Verfügung stehen wird. Hier sollte der Gesetzgeber wichtige Rahmenbedingungen ändern. Aber auch die Akzeptanz in der Bevölkerung gilt es zu verbessern. Die Sicherung des Bestands ist insbesondere dort anzustreben, wo Biogas-Abwärme sinnvoll genutzt wird (z.B. Wärmenetze). Auch in diesem Fall ist eine Information der Betreiber in Kooperation mit den Fachverbänden sinnvoll. Alle anderen Anlagen zur reinen Strombereitstellung sollten nicht weitergeführt werden.

Ausweitung der Anbauflächen für *Silphium perfoliatum* (Durchwachsene Silphie) in der EMN, aufbauend auf den Erfahrungen des Modellversuchs (100 ha) der Regierung von Oberfranken. Die „Becherpflanze“ hat ein hohes Potenzial als Energiepflanze und muss als Mais-Alternative stärker vermarktet werden.



---

### Biogasgülleanlagen

Noch verhältnismäßig aussichtsreich erscheint der Bau von Gülle-Biogasanlagen, deren Potenzial allerdings in der EMN begrenzt ist. Auch der Biogaseinsatz in der Wärmeversorgung von Gewächshäusern ist ausbaufähig.




---

### Kraft-Wärme-Kopplung

Ermittlung der KWK-Potenziale bei kommunalen Gebäuden (unter besonderer Berücksichtigung eines kontinuierlichen Wärmebedarfs). Wenn sinnvolle Lösungen zur Eigenstromnutzung in Mehrfamilienhäusern zur Verfügung stehen kann auch dort der Einsatz von KWK interessant werden.

Die Entwicklung von Quartierslösungen zur KWK-Wärmeversorgung ist der erfolgversprechendere Ansatz. Dort machen Ausgleichs- und Synergieeffekte den Einsatz von KWK besonders effizient und wirtschaftlich.

Schon mittelfristig muss der Umstieg auf erneuerbare Energien bzw. Brennstoffe (synthetisches Gas, Biogas) berücksichtigt werden. Der Einsatz von P2X ist wegen der energieintensiven Erzeugung zwar immer mit erheblichen Einbußen beim Gesamtwirkungsgrad verbunden. Durch den Einsatz „überschüssiger“, also ansonsten abgeregelter oder nicht speicherbarer elektrischer Energie, relativiert sich dieser scheinbare Nachteil allerdings.



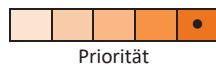
#### 6.1.4 Struktur der Energieversorgung

Neben dem massiven Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung und dem Ausbau der Wärmenetze ist gleichzeitig eine Veränderung der Struktur der Energieversorgung notwendig. Bürgerbeteiligungen an Erzeugungsanlagen erhöhen die Akzeptanz erheblich. Der Einsatz neuer digitaler Möglichkeiten erhöht die Effizienz und optimiert den Einsatz volatiler erneuerbarer Energien im Rahmen der Sektorenkopplung.

---

### Bürgerbeteiligung

Für den Ausbau aller erneuerbaren Energieformen gilt es, eine möglichst weitreichende Bürgerbeteiligung sicherzustellen, zum Beispiel durch die Förderung von Bürgerenergiegesellschaften, die Beteiligung der Bürger bei kommunalen Energieprojekten und allgemein durch Berücksichtigung des „Prosumer“-Ansatzes in allen Fragen der Energieerzeugung und -versorgung.



Priorität



Umsetzbarkeit



Auswirkung

---

### Chancen der Digitalisierung

Smart-Building-Technologien ermöglichen die Reduzierung des Energieverbrauchs und die intelligente Vernetzung von regenerativen Wärmequellen einschließlich des Einsatzes kontrollierter Lüftung mit Wärmerückgewinnung. Engagierte Prosumer suchen oft vergeblich nach regionalen Angeboten für innovative Lösungen (SmartHome / PV-Speicher-Cloud-Angebote etc.). In diesen Bereichen sind viele kleine und mittlere regionale Versorger derzeit auch wegen fehlender Expertise noch sehr zurückhaltend. Über Allianzen könnte der Markteintritt neuer Technologien beschleunigt werden.

Regionaler Energie- und Flexibilitätshandel auf der Basis von Blockchain-Technologien wird bereits an verschiedenen Stellen erprobt. Die neue Technologie ermöglicht die Zusammenführung von Angebot und Nachfrage mit einer noch nicht gekannten zeitlichen Auflösung und die Vereinfachung von Abrechnungsmodalitäten. Die Schaffung einer solchen Plattform in der EMN ermöglicht den regionalen Akteuren erste Schritte in diese Richtung. Auch hierfür ist eine Vernetzung der Akteure notwendig.

Stromlastmanagement oder auch Demand Side Management DMS genannt, ist ein Konzept zur Lastensteuerung, um Stromerzeugung und -bedarf kostengünstig zu optimieren. Durch den Ausbau der EE und der damit stärker fluktuierenden Stromproduktion müssen die vorhandenen Potentiale des DSM möglichst ausgeschöpft werden.

Potentiale zur Lastensteuerung gibt es nahezu in allen Verbrauchergruppen. Während in Unternehmen größere Einzellasten ansteuerbar sind, kann eine Vielzahl an kleineren Einzellasten z.B. im Sektor private Haushalte ebenfalls einen wichtigen Beitrag leisten. So ist es durch die Austauschpflicht der herkömmlichen Stromzähler gegen SMART METER (§14 EnWG) und der neuen Generation von Wärmepumpen, die mit dem Smart-Grid-(SG)-Ready-Label gekennzeichnet sind, zukünftig möglich, Wärmepumpen entsprechend dem Stromangebot zu- oder abzuschalten. Der Nutzer profitiert von einer kostenoptimierten Wärmeerzeugungsfahrweise, der Stromnetzbetreiber von einem kostengünstigen Stromlastenausgleich. Entsprechende Vergütungsmodelle als Anreiz gerade auch für kleinere Stromverbraucher müssen baldmöglichst entwickelt und angeboten werden, damit u.a. Lock-in-Effekte vermieden und weitere Entwicklungen bzgl. Lastmanagement vorangetrieben werden.

Lastabwurfmöglichkeiten in den Sektoren GHD und Industrie sind vielseitig und werden zum Teil schon genutzt: Tiefkühl- und Kühlanlagen, Kälteanlagen, Pumpen, elektrische Öfen etc. Insgesamt wird allein im Sektor Industrie das DSM-Potential auf rund 10 GW geschätzt. Allerdings ist in weiten Teilen der Industrie DSM noch kaum bekannt. Die Dena beschäftigt sich mit diesem Thema eingehend, von Informationsmanagement bis zu Pilotprojekten.

Eine Handlungsempfehlung ist, eine DSM-Potenzialprüfung als Pflicht in BAFA-Anforderungsliste zur EEG-Umlagebefreiung und perspektivisch als Standard in Energieaudits nach DIN EN ISO 50001 bzw. DIN EN 16247-1 aufzunehmen.



In Zeiten von Dunkelflauten kann, je nach Wärmebedarf, Strom über Gaskraftwerke oder KWK-Anlagen erzeugt werden. Die Benutzungsstundenanzahl dieser Anlagentechnik wird vor allem im Bereich der KWK bis 2050 deutlich sinken. Langfristig erfolgt eine 100%ige Umstellung auf Brennstoffe, die aus erneuerbarem Strom erzeugt werden. Der Stromlastenausgleich durch DSM ist deutlich günstiger, als diese Regelleistung in Form von zusätzlichen Spitzenlastkraftwerken vorzuhalten.

Förderprogramme u.a. Heizen mit EE-Energien (BAFA, unter WP: Lastmanagement Bonus)

Beispielprojekte <https://www.dena.de/themen-projekte/energiesysteme/flexibilitaet-und-speicher/demand-side-management/>



### Sektorkopplung

Die zunehmende Elektrifizierung ermöglicht ein Zusammenwachsen des Strom-, Wärme- und Verkehrssektors und begünstigt dadurch den Einsatz erneuerbarer Energien.

Die Verzahnung des Wärme- und Strommarktes erschöpft sich nicht in herkömmlicher KW(K)K mittels gasbetriebener BHKW. Die Brennstoffzellentechnologie ist in vielen Bereichen bereits marktreif. Die Ansätze für Power2Heat sind vielfältig und technisch umsetzbar. Selbst Modellanlagen für P2Gas und P2X entstehen an vielen Orten. Durch die P2Gas Technologie kann die vorhandene Infrastruktur der aktuell noch fossilen Gasversorgung (Leitungen, Speicher...) in Zukunft durch erneuerbare Energien genutzt werden. Dies ist eine entscheidende Voraussetzung, um zukünftige Investitionen zu reduzieren. Gasgroßspeicher, die aus Versorgungssicherheitsaspekten bereits vorhanden sind (z.B. Gasspeicher Rehden 4,4 Mrd. m<sup>3</sup>). können Überproduktionen speichern und die Energie in Versorgungsengpässen zur Verfügung stellen.

Für erfolgreiche, sektorvernetzende Modellprojekte sind gesetzliche Rahmenbedingungen und eine geeignete Förderkulisse entscheidend. Die Ankündigung der Bundesregierung zu verstärkten Anstrengungen im P2X-Bereich vom Sommer 2019 sollte in der Metropolregion aufgegriffen und für einen weiteren Ausbau der Sektorkopplung in der Fläche genutzt werden



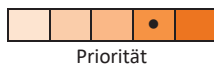
#### 6.1.5 Speichertechnologien

Die zunehmende Elektrifizierung, vor allem im Wärmemarkt und bei der Mobilität, möglichst auf der Basis fluktuierender erneuerbarer Energien, erfordert eine tiefgreifende Veränderung des Strommarktes sowie erhebliche Anstrengungen bei der Steigerung der Energieeffizienz und der Integration leistungsfähiger Speichersysteme.

### Ausbau Strom Speicher

Für eine erfolgreiche Energiewende sind ausreichende Speichermöglichkeiten eine zwingende Voraussetzung. Die Reaktivierung bestehender und der Aufbau neuer Speicherkapazität sind daher auch in der EMN eine zentrale Aufgabe. Das Pumpspeicherkraftwerk Happurg zum Beispiel ist seit Jahren nicht mehr in Betrieb, da notwendige Investitionen vom Betreiber nicht getätigt werden. Einer der Hauptgründe ist die mangelnde Wirtschaftlichkeit aufgrund zu geringer Strompreise an der EEX. Sollten sich diese Rahmenbedingungen ändern, steht der EMN ein sinnvolles Pumpspeicherprojekt zu Verfügung.

Die Einflussmöglichkeiten auf den Preissektor sind für die EMN beschränkt. Letztlich bleibt nur die Möglichkeit, auf die Bundespolitik dahingehend einzuwirken, dass geeignete Rahmenbedingungen geschaffen werden, um den wirtschaftlichen Betrieb solcher konventionellen Speicher wieder zu ermöglichen.



Priorität



Umsetzbarkeit



Auswirkung

### Ausbau P2X Speicher

Die Nutzung innovativer Speichersysteme und -technologien muss intensiviert werden. Die Möglichkeiten sind vielfältig. Private Batteriespeicher sollten - auch für die Nachrüstung bestehender PV-Anlagen - angemessen gefördert werden. Quartierspeicher könnten diese Aufgabe wirtschaftlicher übernehmen, werden aber durch unnötige rechtliche Hürden behindert. Netzdienliche Großspeicher stabilisieren das Stromnetz und machen Ortsnetze inselständig. Die chemische Umwandlung überschüssiger elektrischer Energie (P2Gas, P2X) muss trotz des erheblich schlechteren Wirkungsgrades weiter erprobt werden. Am einfachsten umsetzbar ist meist P2Heat, also Strom in Form von Wärme zu speichern. Der Großspeicher der N-ERGIE war eines der ersten dieser Großprojekte in Deutschland. Gerade die Einsatzmöglichkeiten bei bestehenden Wärmenetzen sollten intensiver geprüft werden.



Priorität



Umsetzbarkeit



Auswirkung

### Ausbau P2Heat Speicher

Bei der dezentralen Versorgung von Haushalten, kommunalen Gebäuden und GHD ist der Einsatz von Pufferspeichern zukünftig nahezu immer sinnvoll. Während er bei vielen Wärmeerzeugern wie Biomasseheizkesseln, KWK-Anlage, Wärmepumpen oder Solarthermieanlagen quasi standardmäßig bereits dazugehört, um z.B. häufige Starts zu vermeiden oder eine höhere Nutzungsquote zu erreichen, kann zukünftig der Speicher zum Stromlastenausgleich mit verwendet werden.

Gerade bei Wärmepumpen können, die durch den Stromnetzbetreiber bereits üblichen Abschaltzeiten, zukünftig verlängert werden, um eine höhere Flexibilität bei Stromangebot und -nachfrage zu erreichen. Dazu müssen die Pufferspeicher größer ausgelegt bzw. erweitert und mit Elektroheizstäben (insoweit noch nicht erfolgt) ausgestattet werden. Für die Umsetzung dieser Maßnahme, müssen von den Stromnetzbetreibern entsprechende Anreizvergütungen, gerade auch

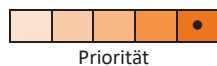
für kleinere Verbraucher, baldmöglichst ausgearbeitet werden. Nur so können Lock-in-Effekte bei Neuanlagen vermieden werden.

Bei anderen Wärmeerzeugern kann durch die Installation eines Elektroheizstabes in den Pufferspeicher der günstig zur Verfügung stehende sommerliche Überschussstrom aus dem Stromnetz dazu genutzt werden, dass die Wärmeerzeuger in der Sommerzeit und evtl. auch in der Übergangszeit ausgeschaltet bleiben können.

Diese Art des Lastenausgleichs ist deutlich günstiger als die zusätzliche Investition in Spitzenlastkraftwerke. Das von den Stromnetzbetreibern angebotene Tarifmodell für Wärmepumpen muss so angesetzt sein, dass der Einsatz von Pufferspeichern für den Besitzer wirtschaftlich attraktiv ist. Die Investition in einen Elektroheizstab sollte sich über den günstigen „Überschussstrom“ relativ schnell amortisieren.

Beitrag zur Steigerung des EE-Anteils und zum Stromlastenausgleich.

Förderprogramme: bis jetzt keine, Refinanzierung über Stromvergütungsmodell bzw. günstige „Überschussstrom“.




---

### Ausbau Saisonspeicher

Saisonale Solarwärmespeicher in Privathaushalten sind technisch seit längerem umsetzbar. Damit können je nach System 60% bis z.T. 95% Jahresdeckungsrate in Verbindung mit einer entsprechend ausgelegten Solarthermieanlage erreicht werden. Dennoch sind solche Wassertanks, die meist im Inneren eines Hauses errichtet werden (bis zu ca. 30.000 Liter) derzeit schwer wirtschaftlich darstellbar.

In Verbindung mit einer Wärmepumpe gibt es jedoch die Möglichkeit der Nutzung eines Eisspeichers als saisonalen Wärmespeicher. Dieser Lösungsansatz wird mittlerweile als Komplettlösung in Kombination mit Luftabsorbern angeboten und bietet sich als Alternative an, wenn kein Erdreich als Wärmequelle verwendet werden kann. Der Eisspeicher, in der Regel aus Beton, wird ähnlich wie eine Regenwasserzisterne im Erdreich vergraben.

Im Sommer wird die Wärme aus den Luftabsorbern zur Wärmepumpe geleitet. Wird aktuell keine Wärme benötigt, kann damit der Eisspeicher aufgeladen werden. Insbesondere in den Herbst- und Wintermonaten profitiert die Wärmepumpe von den Temperaturen im Speicher beim Erreichen des benötigten Warmwasser- bzw. Heiztemperaturniveau. In Verbindung mit der Solarenergienutzung und der Möglichkeit über einen langen Zeitraum die Latentwärme im Speicher durch Phasenübergang von Wasser zu Eis zu nutzen, kann eine Arbeitszahl der Wärmepumpe von über fünf erreicht werden, im Vergleich zu den sonst üblichen Arbeitszahlen von 3 bei Umgebungsluft als Wärmequelle.

Die Mehrinvestition für Eisspeicher und Solarabsorber rechnet sich durch die Stromeinsparung über die Anlagenlebensdauer im Vergleich zu einer reinen Luft-Wärmepumpe.

Beitrag zur Steigerung des EE-Anteils und zur Senkung des Strombedarfs. So können z.B. bezogen

auf einen Gebäudewärmebedarf von 30.000 kWh/a (= Endenergie von 3.000 Litern Heizöl) im Vergleich zu einer Luft-WP jährlich rd. 4.000 kWh Strom bzw. 2 t CO<sub>2</sub> eingespart werden.

In Wärmenetze sollte zukünftig verstärkt Solarthermie integriert werden. Um solare Überschüsse aus dem Sommer in die kältere Jahreszeit mitnehmen und somit den Anteil der Solarenergie an der Wärmebereitstellung erhöhen zu können, ist die Errichtung von saisonalen Wärmespeichern notwendig. Diese Speicher können gleichzeitig dazu benutzt werden, in Großwärmepumpen erzeugte Wärme aus Überschussstrom einzuspeichern und die Laufzeit von Wärmespitzenlastzeugern auf ein Minimum zu reduzieren. Saisonale Wärmespeicher sind ein wichtiger Baustein für die neue Generation von Fernwärmenetzen, da sie flexibel genutzt werden können und eine wichtige Schnittstelle zwischen Wärme- und Stromsektor darstellen.

Durch Erhöhung der solaren Wärmenutzungsquote, Einspeicherung von günstiger Wärme aus Überschussstrom und Reduzierung von Spitzenlastwärmebereitstellung ist die Errichtung eines saisonalen Wärmespeichers im Fernwärmenetz eine wirtschaftliche Maßnahme.

Beitrag zur Steigerung des EE-Anteils und zur Flexibilisierung des Stromnetzbetriebs. Je nach örtlichen Gegebenheiten kann ein solarer Deckungsanteil zwischen 10% bis 25% umgesetzt werden.

### Förderprogramme/ Zeithorizont / Akteure/ Beispielprojekt

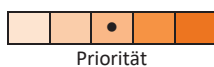
Förderprogramme u.a. BioKlima (TFZ), Heizen mit Erneuerbaren Energien – Solarthermie (BAFA)

Akteure Fernwärmebetreiber

Beispiele Dänemark ist führend in Europa bei der Umsetzung von Solarthermienutzung in Fernwärmenetzen, u.a. da Dänemark ein Anteil von 60% Fernwärme hat u. fossile Energieträger hoch besteuert sind ([www.solar-district-heating.eu](http://www.solar-district-heating.eu)).

Hallerndorf (Naturstrom, 2017): 85 m<sup>3</sup> Wärmespeicher, 1.304 m<sup>2</sup> Solarfläche,

Chemnitz (eins energie in sachsen, 2016): 1.000 m<sup>3</sup> Wärmespeicher, 2.100 m<sup>2</sup> Solarfläche,



## 6.2 Energieeinsparung und Energieeffizienz

Die Erhöhung der Energieeffizienz beinhaltet sowohl den Gebäudeneubau als auch den Gebäudebestand. Während im Neubaubereich höherer Effizienzstandards relativ kostengünstig zu verwirklichen sind, in der Regel amortisieren sich die höheren Investitionen durch geringeren Energiebedarf relativ schnell, sind Effizienzmaßnahmen im Gebäudebestand oftmals mit großen Investitionen verbunden. Die Einsparpotenziale lassen sich nur im Einzelfall ermitteln und bestimmen die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme. Bei relativ neuen oder bereits sanierten Gebäuden lassen sich weitere Effizienzmaßnahmen aktuell oft nicht mehr wirtschaftlich darstellen. Umso wichtiger sind hohe energetische Standards beim Neubau und bei Sanierungen.

Verbesserung der Energieeffizienz im Anlagenbereich können im Zuge der Anlagenerneuerung kostengünstig umgesetzt werden.

Auch wenn der Einsatz von erneuerbaren Energien meist kostengünstiger große Reduktionen der THG-Emissionen bewirkt kann, darf auf eine Verbesserung der Energieeffizienz nicht verzichtet werden, da die Potenziale der erneuerbaren Energien in der EMN nur begrenzt vorhanden sind, und oft auch mit Eingriffen in die Umwelt oder Veränderung des Landschafts- oder Stadtbildes verbunden sind. Eine Reduktion des Energieverbrauches trägt dazu bei, diese Eingriffe so gering wie nötig zu halten.

### 6.2.1 Energieeffizienz im Gebäudebestand

Die Möglichkeit die Energieeffizienz im Gebäudebestand zu erhöhen stellt sich vor allem, wenn Bauteile oder Anlagen, im Zuge von notwendigen Maßnahmen zum Gebäudeunterhalt, erneuert werden müssen. Diese Gelegenheiten müssen genutzt werden, um einen möglichst hohen Effizienzstandard zu erreichen. Außerhalb dieser Zyklen, nur durch die erzielten Energieeinsparungen, sind Effizienzmaßnahmen oft nicht finanzierbar.

Trotz aller Anstrengungen und kontinuierlicher Verbesserung der Förderkulisse bleibt die energetische Sanierungsrate bei Wohngebäuden auch in der EMN weit hinter den Erwartungen zurück. Um einen schnellen Umstieg auf erneuerbare Wärme zu gewährleisten, ist bereits kurzfristig eine deutliche Steigerung der Sanierungstätigkeit im EFH- und MFH-Bereich notwendig, verbunden mit einer Steigerung der Sanierungstiefe.

---

#### Kommunales Energiemanagement (KEM)

Selbstverpflichtung der Kommunen und Landkreise in der EMN auf ein umfassendes Energiemanagement für ihre verbrauchsintensivsten Liegenschaften. Das Monitoring der eigenen Verbräuche ist der erste wesentliche Schritt zur Verbesserung der Energieeffizienz. Ohne Kenntnis der Verbräuche bleibt es bei „gefühlter“ Einsparung.




---

#### Optimierung Wärmebereitstellung

Die EAN betreut seit über 20 Jahren kommunale Liegenschaften im Rahmen des Kommunalen Energiemanagement (KEM). Dabei zeigt sich immer wieder, dass in der Optimierung von Wärmebereitstellung und Wärmeverteilung große Optimierungspotenziale vorhanden sind.

- Durchführung hydraulischer Abgleich
- Austausch von Umwälzpumpen (mit zu hoher Pumpleistung) durch elektronisch geregelte Hocheffizienzpumpen
- Anpassung der Heizzeiten an die Erfordernisse
- Umstellung der Regelung auf Warmwasserbereitung im Sommer

- Falsches Lüftungsverhalten der Nutzer
- Überhitzte Räume

Dies sind nur einige Beispiele, denen durch die Durchführung von Energiemanagement, Nutzer- und Handwerkerschulungen entgegengewirkt werden kann.

Innerhalb der Ausbildung von Handwerkern im Heizungstechnikbereich sollte auf energetisch optimierte Auslegung neu einzubauender Anlagentechnik hingewiesen werden. Oftmals werden Pumpen sowie die Wärmeerzeugerleistung viel zu hoch ausgelegt. Die Heizungsregelung ist individuell auf die Nutzungszeiten anzupassen. Es muss eine Einweisung des Gebäudeverantwortlichen in die Regelungs- und Steuerungstechnik des Heizsystems/Lüftungssystems erfolgen, so dass dieser selbst Anpassungen durchführen kann.

Durch die Optimierung der vorhandenen Technik und Verbesserung des Nutzerverhaltens fallen, nur geringfügige Investitionen an. Durch eine exakte Auslegung neuer Anlagentechnik auf den tatsächlichen Bedarf können Investitionen gespart werden, da Überdimensionierungen vermieden werden.

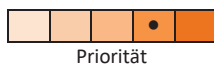
Aus Erfahrungswerten kann ein Reduktionspotential im Gebäudewärmebereich von rund 10% angesetzt werden.




---

### Sanierungsstrategie

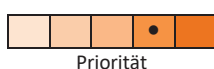
Entwicklung einer langfristigen Sanierungsstrategie für den Gebäudebestand (zum Beispiel auch flächig über Quartierskonzepte).




---

### Nutzer-Vermieter-Dilemma

Zur Steigerung der Sanierungsrate im MFH-Bereich müsste das „Nutzer-Vermieter-Dilemma“ gelöst werden: Von Sanierungsmaßnahmen können die Eigentümer von Mehrfamilienhäusern nicht direkt profitieren, weil die Mieten bezahlbar bleiben sollen. Die 11% Umlage einer Sanierungsmaßnahme auf die Mietkosten gilt zudem nicht für alle Kostenbestandteile. Andererseits ist auch der Mehrwert für die Mieter in Hinblick auf eine Mieterhöhung nicht immer unmittelbar spürbar bzw. werden die versprochenen Einsparungen bei den Energiekosten nicht immer erreicht. Zusätzliche steuerliche Anreize für energetische Sanierungen könnten das Problem abmildern, liegen aber außerhalb des Einflussbereichs der EMN.




---

### Serielle Sanierung

Teilnahme an Pilotprojekten zur seriellen Sanierung sowohl im EFH- als auch im MFH-Bestand (zum Beispiel dena-„Energiesprung“). Durch den seriellen, standardisierten Ansatz können Kosten gesenkt und Bauzeiten verkürzt werden, die Belastung der Bewohner wird dadurch minimiert. In überschaubarer Bauzeit können so ganze Straßenzüge saniert werden. Auch Contracting-Lösungen sind in diesem Bereich verfügbar.



### 6.2.2 Energieeffizienz im Neubau

Im Neubaubereich sind Effizienzmaßnahmen in der Gebäudehülle, mit Förderung meist kostenneutral bzw. bei Betrachtung der Lebenszykluskosten mit Kostenreduktion zu verwirklichen. Andererseits bestimmen falsche Neubaumentscheidungen die Energieeffizienz des Gebäudes für lange Zeit, im Bereich der Gebäudehülle vermutlich sogar für den gesamten Nutzungszeitraum, da energetische Verbesserungen der Gebäudehülle bei aktuell errichteten Gebäuden wirtschaftlich nicht mehr darzustellen sind. Energieeffiziente Gebäude auf höchstem Stand sind daher im Neubau unbedingt erforderlich.

---

#### Effizienzvorgaben im B-Plan oder in städtebaulichen Festsetzungen

Konkrete kommunale Vorgaben und/oder Anreize für energetisch optimierte Bauausführung in Neubaugebieten (damit MEHR als EnEV, EEWärmeG bzw. GEG umgesetzt wird) durch Vorgaben im Bebauungsplan oder in städtebaulichen Verträgen, solange die Vorgaben im GEG nicht verschärft werden. Um die Akzeptanz dieser Maßnahme in den Regionen mit verringerter Bautätigkeit zu erhöhen, ist durch eine Informationskampagne begleitend darzustellen, dass sich z.B. ein höherer Effizienzstandard durch Förderprogramme nahezu kostenneutral verwirklichen lässt und die Betriebskosten dadurch deutlich niedriger werden als beim vorgeschriebenen Standard.

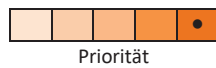
Der energetische Standard nach EnEV bzw. GEG für Neubauten entspricht nicht der energetischen Qualität, die zur Erreichung der Klimaziele notwendig wäre. Gleichwohl ist für diese Gebäude eine energetische Sanierung bis 2050 wirtschaftlich nicht darstellbar. Zur Umsetzung der notwendigen Energieeinsparung ist eine Anhebung des Richtwertes für Neubauten, wie ursprünglich einmal für 2021 vorgesehen, im neuen GEG notwendig. Im Referentenentwurf ist dies aktuell noch nicht vorgesehen. Als Richtwert könnte der Standard KfW Effizienzhaus 40 bzw. 55 herangezogen werden, besser wäre, und den Klimaschutzziele entsprechend, der Passivhausstandard.

Das Reduktionspotenzial wirkt sich bei Erhöhung des Neubaustandards im GEG auf alle Gebäude aus und ist dadurch sehr hoch. Bei einer Regelung über Bebauungsplänen und städtebaulichen Verträgen reduziert sich das Potenzial entsprechend der betroffenen Gebiete.

Die Maßnahme sollte sofort umgesetzt werden, da jedes neu errichtete Gebäude seinen Effizienzstandard behält, eine energetische Sanierung ist unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht mehr möglich.

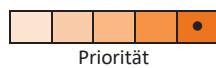
Beispiel Passivhaussiedlung „grüne Heide“, Marktschorgast





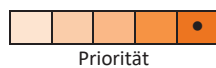
### Kontrolle energetische Standards

Wirksame Kontrolle der Einhaltung energetischer Standards durch die zuständigen Baubehörden. Diese Maßnahme ist politisch nicht populär, aber sie adressiert ein zentrales Problem bei der Wärmewende: Verstöße gegen gesetzliche Vorgaben werden bislang kaum erfasst und noch seltener geahndet. Ohne die Einführung einer wirksamen Kontrolle bleibt die Gesetzgebung ein „frommer Wunsch“.



### Festlegung von Effizienzstandards beim kommunalen Neubau

Festlegung von höheren energetischen Standards bei eigenen Bau- und Sanierungsvorhaben. Mehr machen als das absolut Notwendige - Kommunen werden so ihrer Vorbildfunktion gerecht. Überschaubaren Mehrkosten beim Bau stehen über die Lebensdauer des Gebäudes deutlich geringere Unterhaltskosten gegenüber, so dass in der Regel die finanziellen Vorteile überwiegen.



## 6.2.3 Wohnungsbau

### Reduktion des Wohnflächenbedarfs pro Einwohner

Der Heizwärmebedarf von privaten Haushalten beträgt ca. 30% des gesamten stationären Energiebedarfs der EMN. Maßgeblich für den Energieverbrauch ist neben dem energetischen Standard der Wohnung vor allem auch deren Größe. Der durchschnittliche Wohnflächenbedarf pro Person ist aktuell auf 55 m<sup>2</sup> gestiegen und liegt 32% über dem Wert von 1990. Aufgrund gesellschaftlicher und demografischer Entwicklungen wird er bis 2050 weiter steigen. Eine Reduktion der genutzten Wohnfläche pro Person führt automatisch zu einer Reduktion des Energieverbrauchs und der Emissionen. Viele Bürger in zu großen Wohnungen würden gerne in kleinere Wohnungen umziehen, wenn diese am gewünschten Ort zur Verfügung stünden und/oder sie die Möglichkeit hätten, die Wohnung unter (finanziell) akzeptablen Bedingungen zu wechseln. Folgende Maßnahmen können dies unterstützen:

- Neubau von kleinen, altengerechten Wohnungen in ländlichen Gemeinden. Ältere Bürger würden gerne aus ihren EFH in kleinere Wohnungen umziehen, wenn es in der gewohnten Umgebung möglich wäre. Die EFH stünden dann Familien mit größeren Wohnflächenbedarf zur Verfügung, so dass keine zusätzlichen Gebäude errichtet werden müssten. Diese Maßnahme könnte durch eine Umzugsberatung für ältere Menschen ergänzt werden.
- Recht auf Wohnungstausch ohne Mietanpassung (siehe österreichisches Mietrechtgesetz §

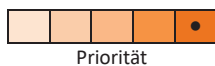
11 - §14 Wohnungstausch). Ein Umzug in eine kleinere Wohnung ist oft finanziell nicht möglich, da beim Umzug die Mieten neu berechnet werden. Beim Wohnungstausch können Mieter ohne finanzielle Nachteile die Wohnungen tauschen.

- Flexible, anpassungsfähige Grundrisse, die verschiedene Wohnungsgrößen ermöglichen.
- Innovative Wohnkonzepte mit zeitlich begrenzt zuschaltbaren Räumen, die, wenn der Bedarf nicht mehr vorhanden ist, wieder abgegeben werden können.
- Berücksichtigung des gesamten Energieverbrauchs, nicht nur des spezifischen Energieverbrauchswertes pro m<sup>2</sup> bei Förderungen. Dies führt zu kleineren funktionalen Grundrissen.

Da beim Umzug in kleinere Wohnungen Wohnraum frei wird, muss weniger neue Wohnfläche errichtet werden. Die Zahl der neu zu errichtenden Wohnungen bleibt gleich, es werden nur kleinere Wohnungen gebaut. Dies ergibt insgesamt einen geringeren Investitions- und Energiebedarf.

Das Reduktionspotenzial entspricht dem Anteil an eingesparter Wohnfläche.

Beispielprojekt: Altengerechte Wohnungen Uehlfeld Mitte



Priorität



Umsetzbarkeit



Auswirkung

#### 6.2.4 Straßenbeleuchtung

Die Umstellung der Innen- und Straßenbeleuchtung auf LED-Technik ermöglicht die rasche Erschließung erheblicher THG-Einsparpotenziale. (Gebäude 50-80%, Straße 40-70%). Oft ist mit der Beleuchtungserneuerung auch eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke verbunden, was nicht immer notwendig ist. Hier gibt es zusätzliche Einsparpotenziale

Die Straßenbeleuchtung in der EMN weist einen Energieverbrauch von circa 141 GWh auf. Im kommunalen Bereich gehört sie mit einem Anteil von 40% zu den größten Stromverbrauchern.

Die bereits in Teilen vollzogene Umrüstung der Straßenbeleuchtung hin zur LED-Technik sollte möglichst zeitnah in der kompletten EMN vollzogen werden. Es empfiehlt sich, nicht nur das Leuchtmittel, sondern die komplette Leuchte neu zu installieren. Somit kann die Gleichmäßigkeit der Lichtverteilung gewährleistet und Blendwirkungen vermieden werden.

Bei der Wahl der Leuchten sollte darauf geachtet werden, dass eine Leistungsreduzierung vorgenommen werden kann. Dadurch besteht die Möglichkeit, das Beleuchtungsniveau in den Nachtstunden zu senken. Auch bei gedrosselter Lichtstärke werden die Straßen gleichmäßig ausgeleuchtet und es entsteht kein Sicherheitsverlust für Anwohner. Der Einsatz bedarfsgerechter Steuerungen kann für Straßen, Bürgersteige und Radwege Anwendung finden. Dies führt neben einer Energieeinsparung auch zu einer verminderten Lichtverschmutzung. Wodurch nachtaktive Tiere (Insekten, Fledermäuse, ...), weniger beeinträchtigt werden.

Bei der Anstrahlung von öffentlichen Gebäuden, Museen etc. können die Beleuchtungszeiten (z.B. höchstens bis Mitternacht) reduziert werden.

Die in den DIN-Normen festgesetzten Beleuchtungsstärken sind sehr hoch und werden von Kom-

munen, oft aus Furcht vor Regressforderungen bei Unfällen, übernommen, obwohl sie nicht verpflichtend sind. Eine Verringerung des Beleuchtungsniveaus, abweichend von der DIN, ist häufig durchaus zu vertreten. In manchen Kommunen wird dies bereits erfolgreich gehandhabt (Stadt Nürnberg). Durch eine entsprechende Anpassung der DIN-Normen und einem verringerten Leistungsniveau der Leuchten lassen sich weitere Energieeinsparungen erzielen.

Die Maßnahmen im Beleuchtungsbereich amortisieren sich in der Regel sehr schnell, vor allem wenn sie im Zuge von sowieso notwendigen Wartungsarbeiten durchgeführt werden.

Förderprogramme: Förderung kommunaler Beleuchtung 2019 - 2022 (Kommunalrichtlinie), BMU



### 6.2.5 Energieeffizienz im Sektor GHD

Effizienzmaßnahmen in den Sektoren GHD und vor allem Industrie sind geprägt von erhöhten Anforderungen an Wirtschaftlichkeit und Amortisationszeiten. Wenn Energiekosten keinen bedeutenden Anteil an den Produktionskosten des Unternehmens haben, wird der Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz oft nicht das notwendige Interesse entgegengebracht. In kleineren Unternehmen sind oft keine fachkundigen Mitarbeiter vorhanden, die sich diesem Thema widmen.

---

#### Erhöhung Energieeffizienz in Sektor GHD

Prozessoptimierung in energieintensiven Industrien (z.B. Schmelz- und Druckgussindustrie) durch Online-Datenerfassung und aktives Demand-Side-Management

Der Sektor Gewerbe/Handel Dienstleistungen hat einen Endenergieverbrauch in der EMN in Höhe von 16.984.100 MWh (2015). Der Raumwärmebedarf ist dabei der dominierende Faktor. Danach kommen mit weitem Abstand Beleuchtung und mechanische Energie. So sind die Effizienzpotenziale im GHD vor allem in diesen Bereichen anzusetzen. Allerdings haben die Energiekosten in den meisten Firmen keinen großen Anteil an den Gesamtkosten und somit auch keinen großen Stellenwert. Das Personal und deren Zeit für Energieeffizienzmaßnahmen einzusetzen, ist meist nicht gewünscht. Treibende Kraft für Effizienzvorhaben sind vorrangig die Preise für die bezogenen Energieträger.

Studien und Untersuchungen zeigen, dass im Bereich GHD/KMU erhebliche Einsparpotenziale vorliegen, die unter den aktuellen Rahmenbedingungen bereits wirtschaftlich umsetzbar sind. Da für ein Erreichen der Klimaschutzziele auch die Einführung einer wirksamen CO<sub>2</sub>-Bepreisung Voraussetzung ist und dies die Einspareffekte von Energieeffizienzmaßnahmen in den Betrieben erhöht, kann davon ausgegangen werden, dass deutliche Effizienzziele ohne Mehrkosten umgesetzt werden können. Wichtig ist, dass die Firmen ihre Refinanzierungserwartungen für Effizienzinvestitionen verändern und an die technische Nutzbarkeit der Investitionsgüter anpassen.

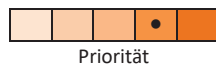
Insgesamt können 5.350 GWh (Basis 2015) angesetzt werden. Mittelwert aus zwei Quellen mit sehr unterschiedlichen Werten:

40% der CO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>Äqu bzw. 6.790 GWh (FfE, 2019);

23% der CO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>Äqu bzw. 3.910 GWh (Fraunhofer IWES, 2017) EUWID,

Förderprogramme: Energieberatung im Mittelstand, BAFA

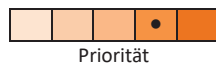
Beispielprojekte BAFA Projektliste




---

### Nullenergie-Standard

Unterstützung bei der Etablierung des Nullenergie-Standards bei Gewerbebauten (modular aufgebautes, an die realen Gegebenheiten anpassbares Planungskonzept)




---

### Effizienznetzwerke

Unterstützung von Netzwerken und Verbundlösungen (Kooperationen zwischen mehreren Firmen) für Energieeffizienz und erneuerbare Energien. Zum Beispiel ermöglichen Energieeffizienz-Netzwerke (auch branchenübergreifend) eine steilere Lernkurve und dadurch eine schnellere Umsetzung von Effizienzmaßnahmen.



## 6.3 Mobilität

Im Sektor Mobilität ist, im Unterschied zu allen anderen Bereichen, seit 1990 kein Rückgang der THG-Emissionen zu verzeichnen. Strategien, die einen Emissionsrückgang bewirken können, sind daher unbedingt notwendig. Im Gegensatz zu den anderen Handlungsfeldern sind jedoch für ländlich geprägte Gebiete und städtische Ballungsräume unterschiedliche Maßnahmen zu entwickeln. Während im Ballungsraum Nürnberg, Fürth, Erlangen der Fokus auf dem Ausbau von Radverkehr und konventionellen ÖPNV liegt sind in ländlichen Gebieten andere Lösungsansätze gefragt. Der klassische ÖPNV mit hohen Taktfrequenzen und hoher Auslastung ist hier oft nicht umsetzbar und muss durch alternative Konzepte ergänzt werden. Der Radverkehr kann zwar auch auf dem Land eine größere Rolle einnehmen, aufgrund der längeren zurückzulegenden Distanzen sind seine Einsatzmöglichkeiten jedoch begrenzt. Somit kommen alternativen ÖPNV-Konzepten und der Elektromobilität auf dem Land eine größere Bedeutung zu. Aufgrund des größeren Anteils von Einfamilienhäusern und kleinen Mehrfamilienhäusern kann dort auch leichter eine private Ladeinfrastruktur geschaffen werden.

### 6.3.1 ÖPNV, Radverkehr

ÖPNV, Radverkehr sind Kernpunkte einer klimafreundlichen Mobilitätswende. Speziell der nichtmotorisierte Radverkehr bietet (in den Ballungsräumen) große Einsparpotenziale und kann, wenn ein Verzicht

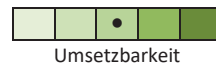
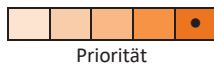
auf den Besitz eines KFZ mit einhergeht, helfen den öffentlichen Raum für die Stadtbewohner wieder attraktiver zu machen. Die THG-Reduktion ist beim Radverkehr (und Fußverkehr) am größten. Durch die Pedelecs und E-Bikes sind für viele Bürger auch größere Strecken bequem mit dem Fahrrad zurücklegbar, wenn die Infrastruktur (Radwege, Abstellmöglichkeiten, ...) entsprechend ausgebaut wird. Beispiele aus anderen europäischen Städten zeigen einen Anteil von über 30% Fahrradverkehr am Modalsplit.

Der ÖPNV ist das zweite Standbein für eine klimaschonende Mobilität. Speziell in den Ballungsräumen könnten hohe Taktfrequenzen und niedrige Tarife in Kombination mit zusätzlichen Verkehrsträgern (Taxis, Carsharing, Leihräder, E-Scooter) den private PKW weitestgehend ersetzen.

---

### Ausbau ÖPNV

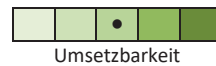
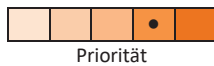
Ausbau bezahlbarer umweltfreundlicher öffentlicher Nah- und Fernverkehrsangebote in der EMN. Bislang sind die Nahverkehrstarife in der Metropolregion im Vergleich zu anderen deutschen bzw. europäischen Regionen hoch. Wirksamer als eine bloße Verbilligung der Tickets ist voraussichtlich die Entwicklung eines Gesamtkonzepts in Anlehnung an andere Ballungszentren, zum Beispiel Wien oder Kopenhagen. Hier gehen günstige Tickets mit hoher Taktfrequenz und einer deutlichen Verknappung und Verteuerung von PKW-Stellplätzen einher.




---

### Ausweitung VGN-Gebiet

Ausweitung des VGN-Gebiets bzw. Ausbau des ÖP(N)V im gesamten Gebiet der EMN. In diesem Zusammenhang auch Einführung bzw. Beibehaltung eines echten, bezahlbaren Studententickets für die gesamte EMN.



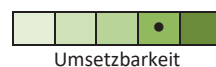

---

### Innovative ÖPNV-Angebote im ländlichen Raum

alternative ÖPNV-Angebote im ländlichen Raum und bessere Anbindung an Ballungszentren. Keine Aufrechterhaltung des Linienverkehrs um jeden Preis, sondern z.B.

- Einsatz kleiner Fahrzeuge, die bedarfsorientiert als Ruf- oder Sammeltaxis verkehren.
- Einrichtung von Mitfahrbänken, Stärkung von Mitfahrzentralen
- Angebote für Jugendliche wie Discobusse, 50-50-Taxis etc.

Förderung von Dorfautos bzw. nachbarschaftlich getragener Carsharing-Angebote



## Bessere Vernetzung von Verkehrsträgern

Bessere Vernetzung und Verknüpfung der verschiedenen Verkehrsträger/-verbünde mit Abstimmung der Taktung, Anpassung der Tarifsysteme bzw. „Kombitickets“ über die Verkehrsverbünde hinweg bei Monats- und Jahrestickets.

Eine der entscheidenden Aufgaben bei der Bewältigung der Verkehrswende ist die (bessere) Vernetzung der unterschiedlichen Verkehrsträger. Oft werden Wege nur deshalb über viele Kilometer mit motorisiertem Individualverkehr zurückgelegt, weil die letzten Kilometer zum Ziel sehr zeitaufwändig oder umständlich zu bewältigen sind. Hier bieten die bessere Vernetzung und Abstimmung der Verkehrsträger eine leicht umzusetzende Lösung. So sollten an U-Bahnstationen immer ausreichend Verleihstationen alternativer Verkehrsträger zur Verfügung stehen (Fahrrad, Pedelec, E-Scooter...). Dies sollte auch in den Apps der Verkehrsbetriebe angezeigt und evtl. mit Kauf des ÖPNV Tickets schon abgegolten oder mindestens verbilligt sein. Von einer Kombination der Verkehrsträger und des Kombitickets könnten beide Anbieter profitieren, da so mehr Kunden erreicht werden können. Eine zusätzliche Kostenbelastung ist durch Programmierung und Abrechnung zu sehen, aber schwer abzuschätzen.

Gleiches gilt bei Bahnhöfen. Hier gibt es bereits viele Angebote, die beim Fahrkartenkauf zur Verfügung stehen. Auch hier ist aber eine Vernetzung und Kombiticketlösung mit dem Zugticket hilfreich. Der Nutzer kann somit bei Kauf eines Tickets bereits das finale Ziel erreichen, obwohl ein Wechsel der Verkehrsträger notwendig ist. Sollten an Bahnhöfen im ländlichen Raum diese Verleihstationen zu teuer sein, könnten Sammeltaxis eine Alternative bieten. Die Umsetzung dieses Vernetzungsansatzes ist durch die Fortschritte der IKT deutlich einfacher geworden.

Eine Umsetzung im gesamten VGN-Tarifgebiet wäre sehr sinnvoll.

Alle diese Überlegungen werden völlig neu zu denken sein, wenn die Entwicklung des autonomen Fahrens zum Tragen kommt. Dies würde das Mobilitätsangebot und -verhalten massiv verändern.<sup>10</sup>

Bei einem damit verbundenen Umstieg vom MIV auf ÖPNV und Radverkehr besteht ein erhebliches THG-Reduktionspotenzial.

Förderprogramme  
BMVI<sup>11</sup>

Digitalisierung kommunaler Verkehr, Elektrifizierung des Verkehrs,



Priorität



Umsetzbarkeit



Auswirkung

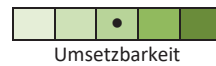
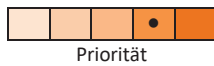
## Nachhaltige Verkehrsplanung

Nachhaltige Verkehrsplanung mit Priorität auf umweltfreundlichen Verkehrsmitteln. Neben einer besseren Förderung des Radverkehrs, sollte, insbesondere im Speckgürtel von Ballungszentren

<sup>10</sup> Expertengespräch Prof. Kipke, TH Nürnberg

<sup>11</sup> Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur

eine intensivere Koordination von Verkehrsplanung und Bauleitplanung stattfinden. Die Ausweisung neuer Baugebiete sollte nur noch mit einer guten ÖPNV-Anbindung erfolgen.




---

### Ausbau Radwege

Untersuchung der Möglichkeiten für den Bau von (weiteren) Radschnellwegen in der EMN

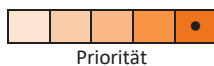
Radverkehr ist die Verkehrsart, die einen großen Teil des Verkehrs in den Städten abdecken kann, und die größtmögliche THG-Reduktion im Verkehrsbereich bewirkt. Zusätzlich kann in den Städten eine Verbesserung der Lärmbelastung, Luft- und Lebensqualität erreichen werden. In manchen Kommunen Dänemarks und der Niederlande sind Anteile am Modalsplit von über 30% aktuell bereits erreicht. Mit dem Aufkommen von Elektrorädern (E-Bikes, Pedelecs) haben sich die Radian, die zurückgelegt werden können, nochmals deutlich erhöht. Die Infrastruktur hinkt diesem Wandel noch hinterher. Dies betrifft sowohl Quantität als auch Qualität des Radwegenetzes, aber auch die Möglichkeiten Fahrräder gesichert abzustellen, eventuell in Fahrradboxen oder Fahrradparkhäusern, und die weitergehende, nachgelagerte Infrastruktur (Reparatur-, und Serviceangebote, Umkleide- und Duschköglichkeiten etc.).

Das Radwegenetz muss ausgebaut und dem stärkeren Radverkehr, sowie den höheren Geschwindigkeiten angepasst werden. Radschnellwege sind ein richtiger Ansatzpunkt.

Die Mitnahmemöglichkeit von Fahrrädern im ÖPNV und der Bahn ist zu verbessern, um den Einsatzradius der Fahrräder zu erhöhen und die Attraktivität des ÖPNV zu erhöhen.

Der Kostenrahmen ist, da es sich überwiegend um bauliche Maßnahmen in dicht bebauten Gebieten handelt, bei Neuerrichtungen, relativ hoch. Setzt man jedoch die Kosten in Relation zu den vergleichbaren Investitionen für den MIV, sind diese beim Radverkehr deutlich niedriger. Bei einer Umnutzung von vorhandener Infrastruktur für Autos (Straßen, Parkplätze, Parkhäuser) lassen sich die Kosten minimieren.

Dies Maßnahmen sollten umgehend begonnen werden, da jede Investition in eine klimaschädigende Mobilitätsart die Erreichung der Klimaziele verzögert und Ressourcen bindet.




---

### Förderung Lastenräder

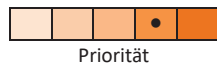
Ausweitung der Förderung von Elektro-Lastenrädern.





### Alternative Antriebe Busverkehr

Ausbau der Nutzung von Elektro- oder Brennstoffzellenbussen (Bioerdgas) sowie anderer alternativer Antriebskonzepte.



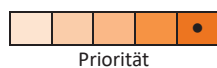
### 6.3.2 Elektromobilität

Reine Elektrofahrzeuge (BEV, Battery Electric Vehicle) sind vermutlich die tragende Säule des motorisierten Individualverkehrs. Auch wenn andere Technologien in manchen Bereichen Vorteile haben, dürfte die Entscheidung für den Massenmarkt zugunsten des BEV gefallen sein. Der Aufbau einer zweiten flächendeckenden, alternativen Infrastruktur wird sicher nicht stattfinden. Alternative Konzepte, die höhere Reichweiten ermöglichen, werden sich auf Nischenanwendungen beschränken.

### Verbesserung Ladeinfrastruktur

Erweiterung und Verknüpfung regionaler Verbundlösungen. Mit dem „Ladeverbund +“ haben Versorger aus der EMN in den letzten Jahren bereits ein veritables Ladenetz aufgebaut, das verdichtet und erweitert sowie mit anderen Angeboten verknüpft werden sollte. Die Ladeinfrastruktur könnte direkt mit der Nutzung erneuerbarer Stromerzeugung verbunden werden.

Aus Sicht der Nutzer ist vor allem eine Vereinheitlichung der Abrechnungssysteme wünschenswert.



### Kommunaler Fahrzeugpark

Ausweitung der Nutzung von Elektrofahrzeugen in Kommunen. Die ersten Versuche mit E-Mobilität haben sich in der Regel bewährt. Stück für Stück sollten nun die Verbrenner im kommunalen Fuhrpark durch Elektrofahrzeuge ersetzt werden. Hierzu bedarf es auch einer besseren Information der Kommunen über am Markt verfügbare Elektro-Nutzfahrzeuge.

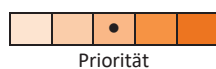
Optimierung des kommunalen Fuhrparks: Vor der Anschaffung neuer Fahrzeuge, sollte eruiert werden, welche Fahrzeuge wirklich nötig sind und ob nicht lokale Sharing-Angebote genutzt werden können.



### Carsharing kommunale Fahrzeuge

Alternativ bzw. ergänzend sollte auch der Ausbau von eCarsharing-Modellen vorangetrieben wer-

den. Bei Corporate Carsharing-Modellen werden Fahrzeuge aus kommunalen/gewerblichen Fuhrparks in Carsharing Pools überführt und stehen somit außerhalb der Geschäftszeiten auch anderen Nutzern zur Verfügung.



## 6.4 Informationskampagnen, Bewusstseinswandel, Bildung

Viele Maßnahmen sollten mit Informationskampagnen unterfüttert werden, um die Akzeptanz der Bevölkerung und/ oder kommunaler Mitarbeiter zu erhöhen.

Über die rein technischen Lösungsansätze zur Steigerung der Energieeffizienz liegt ein großes THG-Reduktionspotenzial in der Veränderung des Nutzerverhaltens und der Suffizienz nicht nur in Bezug auf Energieeffizienz, sondern auch im Bereich von Mobilität, Ernährung und Konsumverhalten.

### 6.4.1 Informationskampagnen

Oftmals werden von den Bürgern weitreichende Entscheidungen ohne fundierte Sachkenntnis bezüglich Fördermöglichkeiten, Kosten, Einsparpotenziale oder technischer und bauphysikalischer Zusammenhänge auf Basis veralteter Anschauungen oder „Empfehlungen“ von Produzenten oder Handwerkern getroffen, die ihre Produkte oder Dienstleistungen verkaufen wollen. Unabhängige Informationen, sind trotz oder gerade wegen der Informationsvielfalt im Internet, eine wichtige Entscheidungshilfe für viele Bürger.

---

#### Informationskampagne Online- Solarkataster

Der Aufbau eines flächendeckenden Online-Solarpotenzialkatasters für die EMN ist letztlich als Marketinginstrument zu verstehen. Ohne eine breit angelegte Kampagne, die mit entsprechenden Mitteln ausgestattet sein muss, bleibt ein solches Kataster meist wirkungslos.

Für den schnelleren Ausbau von Photovoltaik auf Dächern von Wohn- und Nichtwohngebäuden sind Kampagnen notwendig, die vor allem die wirtschaftlichen Chancen darstellen und über bloße Informationsveranstaltungen hinaus auch eine emotionale Ansprache ermöglichen. Für Gewerbebetriebe sollten zusätzlich Fachforen angeboten werden, eine Zusammenarbeit mit den Kammern ist sinnvoll.




---

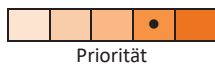
#### Info-Kampagne EE Wärme

Die vorhandenen Erdwärme-Pilotprojekte innerhalb der EMN sollten zu einer Geothermie-Offensive gebündelt und erweitert werden.

Regionale Info-Kampagnen, vorwiegend für Privathaushalte, können über die Möglichkeiten einer

Wärmepumpenheizung im Neubau und die Chancen und Grenzen von Wärmepumpen im Bestand informieren. Die Kampagnen sollten in enger Kooperation mit Fachverbänden, Herstellern und Installationsbetrieben durchgeführt werden.

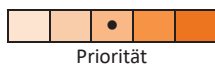
Parallel dazu eist eine Qualifikationsoffensive im Schulterschluss mit der Handwerkskammer zur Qualifikation der Betriebe, die bislang nicht oder kaum im WP-Sektor tätig waren, notwendig.



### Bürgerberatung

Intensivierung der Bürgerberatung und Ergänzung durch kostenlose Vor-Ort-Beratungsangebote für die Sanierung von EFH und MFH.

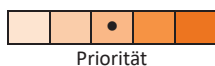
Obligatorische Beratung hinsichtlich Energieeffizienz und dem Einsatz erneuerbaren Energien von Bauwilligen beim Kauf eines kommunalen Baugrundstückes.



### Beratung E-Mobilität

Flächendeckender Aufbau von Beratungsangeboten für den Einsatz von Elektromobilität in Kommunen, Unternehmen und Privathaushalten. Die Widerstände gegen Elektromobilität haben in den vergangenen Jahren zwar stark abgenommen, dennoch halten sich viele Vorurteile ausgesprochen hartnäckig.

Siehe Beratungsangebot der Energievision Frankenwald. <http://www.zukunftsdenker.vision/>



### Beratung Jobticket

Information von Unternehmen über VGN-Jobticket-Kampagne <https://www.vgn.de/fuer/unternehmen/> und Ausweitung auf die gesamte EMN



### Beratung Laufbusse

Infoveranstaltungen an Schulen zur Einführung von Laufbussen zur Reduzierung des Hol- und Bring-Verkehrs. <https://www.vcd.org/themen/mobilitaetsbildung/vcd-laufbus/>

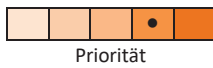


6.4.2 Bildungsinitiativen

Um nachhaltige Veränderungen des Nutzerhaltens anzustoßen, sind vielfältigen Aktionen denkbar, deren Nutzen und Erfolg sich nicht unmittelbar und kurzfristig ablesen lässt.

**Weiterbildung Energieverantwortliche**

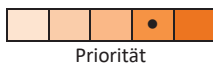
Gemeinsam mit den Kammern: Verstärkung der Weiterbildungsangebote für Energieverantwortliche in Betrieben, auch durch Bildung themenbezogener Netzwerke (u.a. zu den Themen Geothermie, Anwenderclub Hallenheizung, Verwaltungsgebäude).



**Motivation Kommunen und Unternehmen**

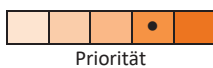
Motivation von Kommunen und Unternehmen zur Teilnahme an Wettbewerben oder Gemeinschaftsaktionen zu umweltfreundlicher Mobilität, zum Beispiel Stadtradeln.

(<https://www.stadtradeln.de/>)



**Bewusstseinsbildungskampagne Laufpendler**

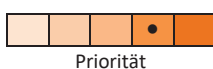
Bewusstseinsbildungskampagne für Unternehmen zum Thema Laufpendler, verbunden mit der Schaffung von Wasch-/Umkleidemöglichkeit für ArbeitnehmerInnen.



**Verankerung im Bildungssystem**

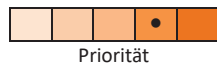
Verankerung von Klimaschutz und Nachhaltigkeit im Bildungssystem. Je jünger die Menschen sind, desto stärker werden sie vom Klimawandel und Rohstoffknappheit betroffen sein. Außerdem ist es sinnvoll, wenn bestimmte umwelt- bzw. klimafreundliche Verhaltensweisen bereits von Kindheit an eingeübt werden. Der Klimaschutz sollte daher nachhaltig im Lehrplan der Schulen verankert werden.

In der Hochschulbildung sollen die Aspekte einer robusten, umweltverträglichen Energieversorgung in die Kernfächer eingebunden werden.



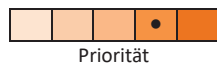
### Wertediskussion

Gesellschaftlicher Wandel: Anstoß **einer Wertediskussion über ein besseres Leben, eine bessere Lebensqualität (statt nur auf Wirtschaftswachstum und Einkommenssteigerung zu setzen). Auch in Verbindung mit dem Thema Suffizienz - was brauchen wir wirklich? Auch die Erzeugung erneuerbarer Energien verbraucht Ressourcen.**



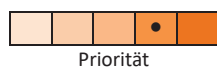
### Umstellung Ernährung

Umstellung der Ernährung (Gemeinschaftsverpflegung) in Schulen und Kindergärten sowie Hochschulen. Einführung der DGE-Standards <https://www.dge.de/gv/dge-qualitaetsstandards/>, langfristig Umstellung auf Bio-Lebensmittel



#### 6.4.3 Nachhaltige Beschaffung

Verankerung von ökologischen, nachhaltigen und fairen Kriterien bei der kommunalen Beschaffung. Auch regionale Aspekte sollten eine stärkere Rolle spielen. Kleinere Kommunen sollten dabei vom Landkreis unterstützt werden (Festlegung von Richtlinien, gemeinsame Beschaffung, Unterstützung bei Ausschreibungen etc.)



## 6.5 Wichtigste Maßnahmen

Aus der Vielzahl von Maßnahmen haben sich unter den Aspekten Priorität, Umsetzbarkeit und Auswirkung je 10 Maßnahmen herauskristallisiert, auf die gesondertes Augenmerk gelegt werden sollte.

### 6.5.1 Priorität – wichtigste Maßnahmen

Die nachfolgenden Maßnahmen sind die Maßnahmen, deren Priorität zur Umsetzung am höchsten eingeschätzt wird. Priorität wird in diesem Zusammenhang überwiegend in einem zeitlichen Kontext gesehen. Zu meist betrifft es Maßnahmen, deren Nichtumsetzung zu Weichenstellungen führt, die weitreichende, aber klimapolitisch falsche Entscheidungen nach sich ziehen. Dies ist vor allem bei der Ausführung von Baumaßnahmen der Fall, die in der Regel mit umfangreichen Investitionen verbunden sind. Während klimarelevante Aspekte bei einer Berücksichtigung bereits im Planungsprozess oft nahezu kostenneutral umgesetzt werden könnte, sind nachträgliche Veränderungen meist sehr kostenintensiv oder manchmal auch unmöglich.

Ein Teil der Maßnahmen erhält die oberste Priorität aufgrund der entscheidenden Bedeutung für das Erreichen der Klimaschutzziele. Unter dem Aspekt des Budgetansatzes (wir dürfen nur noch eine bestimmte Menge an THG emittieren) können essenzielle Maßnahmen nicht lange aufgeschoben werden, da der verbleibende Handlungszeitraum ansonsten zu stark verkürzt werden würde. Dies trifft vor allem auch auf Maßnahmen zu, die eine lange Zeit zur Umsetzung benötigen. Die Reihenfolge der Maßnahmen bildet keine Gewichtung ab.

- **Ausbau von Photovoltaik auf Dächern und befestigten Flächen**

Der Ausbau von Photovoltaik auf Dächern und befestigten Flächen ist eine Voraussetzung zum Erreichen der Klimaziele. Das vorhandene Flächenpotenzial muss weitestgehend genutzt werden. Um die Akzeptanz in der Bevölkerung zu erhöhen, sollte die Nutzung bereits versiegelter Flächen den Vorrang vor unbelasteten Flächen haben.

- **Photovoltaikpflicht auf Neubauten**

Um das Ausbauziel für die erneuerbare Stromerzeugung zu erreichen, muss auf allen Neubauten großflächig Photovoltaik installiert oder zumindest eine spätere Installation vorgesehen werden. Im Idealfall werden die Dachausrichtung und -gestaltung (und/oder Fassadengestaltung) dahingehend optimiert. Solange dies nicht gesetzlich geregelt ist, sollten die Vorgaben in Bebauungsplänen und städtebaulichen Verträgen geregelt werden. Um die Klimaziele der EMN zu erreichen ist diese Maßnahme sehr wichtig.

- **Ausbau von Windkraft, Repowering und Neubau**

Auf den vorhandenen Windkraftstandorten muss durch Repowering die Stromproduktion deutlich erhöht werden. Gleichzeitig muss der Ausbau an neuen Standorten massiv vorangetrieben werden. Um die Klimaziele der EMN zu erreichen ist der Ausbau der Windkraft unverzichtbar.

- **Ausbau von Wärmenetzen**

Wärmenetze vereinfachen den Umstieg auf erneuerbare Energien deutlich. Eine bivalente Energieversorgung, entsprechend den jeweils vorhandenen, erneuerbaren Energieträgern und eine Speicherung von Wärme, ist in Wärmenetzen kostengünstiger und effizienter zu verwirklichen als bei einer Einzelversorgung.

- **Ausbau von Pufferspeichern**

Beim Neubau von Heizanlagen sollten immer Möglichkeiten vorgesehen werden, um bei hoher regenerativer Stromerzeugung kostengünstig Strom als Wärme zu speichern (Power2Heat).

- **Effizienzvorgaben in B-Plänen, städtebaulichen Verträgen**

Solange die Effizienzvorgaben an den Neubau in der EnEV bzw. im GEG nicht massiv verschärft werden, sind Effizienzvorgaben in B-Plänen und städtebaulichen Verträgen notwendig. Mit den aktuellen gesetzlichen Regelungen sind die Zielvorgaben im Gebäudebereich nicht zu erreichen.

- **Effizienzvorgaben bei kommunalen Neubauten**

Bei eigenen Bauvorhaben können sich Kommunen selbst zu höchsteffizienter Bauweise (Passivhausstandard bzw. Plusenergiestandard mit PV) verpflichten. Die Mehrkosten amortisieren sich durch die geringeren Heizkosten in der Regel schnell. Bauvorhaben nach den aktuellen Anforderungen der EnEV können in der Zukunft nicht mehr wirtschaftlich energetisch saniert werden.

- **Ausbau ÖPNV - ganzheitliches Konzept**

Der mit dem ÖPNV zurückgelegte Personenkilometer benötigt deutlich weniger Energie und verursacht geringere THG-Emissionen als mit dem motorisierten Individualverkehr (MIV, d.h. meist PKW). Um einen Umstieg auf den ÖPNV zu befördern, muss in einem ganzheitlichen Konzept der ÖPNV attraktiver (Tarife, Taktfrequenz) werden und gleichzeitig der MIV unattraktiver (weniger kostenlose Stellplätze, ...). Die Handlungsstränge müssen zeitlich aufeinander abgestimmt erfolgen.

- **Ausbau Fahrradinfrastruktur**

Der Umstieg vom MIV auf das Fahrrad ermöglicht die größte Minderung der THG-Emissionen im Verkehrssektor. Durch den Ausbau einer entsprechenden Infrastruktur ist dies zu befördern.

- **Ausbau Ladeinfrastruktur E-Mobilität**

In ländlichen Gebieten sind Alternativen zum MIV schwerer zu installieren. Dort wird der MIV über eine lange Zeit noch bestehen bleiben. Durch einen Ausbau der Ladeinfrastruktur kann der Umstieg auf E-Mobilität unterstützt werden: Bei einer regenerativen Stromerzeugung ist die Elektromobilität deutlich klimaschonender als der aktuelle MIV.

## 6.5.2 Umsetzbarkeit – wichtigste Maßnahmen

Die nachfolgenden Maßnahmen sind die wichtigsten Maßnahmen unter dem Aspekt der leichten und unmittelbaren Umsetzbarkeit. Zum einen sind dies Maßnahmen, die, da sie im Handlungsbereich kommunaler Entscheidungen liegen, leicht umgesetzt werden können. Zum anderen sind es Maßnahmen, die Stand der Technik sind oder deren günstige Kosten-Nutzen-Relation für eine unmittelbare Umsetzung spricht. Auch wenn die Auswirkungen nicht immer von größter Bedeutung sind, bilden sie dennoch einen wichtigen Baustein der notwendigen Klimaschutzbemühungen. Die zeitnahe Umsetzung von konkreten Maßnahmen ist notwendig, um den Bürgern zu signalisieren, dass die Klimaerwärmung ernst genommen wird und Maßnahmen nicht mehr in eine unbestimmte Zukunft verschoben werden.



- **Ausbau von Photovoltaik auf kommunalen Dächern und befestigten Flächen**

Auf kommunalen Flächen kann der massive Ausbau von Photovoltaik begonnen werden. Dabei muss dem größtmöglichen Ertrag der Vorrang vor kurzfristigem Renditedenken gegeben werden. Das heißt, die Flächen sollten möglichst vollständig mit PV belegt werden, auch wenn eine kleinere Anlage kurzfristig, aufgrund der aktuellen Vergütungssituation, eine größere Rendite erwirtschaften würde.

- **Ausbau Wärmepumpennutzung**

Da das Potenzial an erneuerbaren Strom größer ist, als das der anderen erneuerbaren Energieträger, ist der Ausbau der Wärmepumpennutzung (bei entsprechendem Wärmebedarf mit Nutzung von oberflächennaher Geothermie) bei Neubauten und Heizungserneuerungen zu befördern. Beim Einsatz im Gebäudebestand muss der Effizienzstandard der Gebäudehülle und das Wärmeverteilungssystem eine effiziente Wärmeversorgung mittels niedriger Vorlauftemperaturen ermöglichen.

- **Ausbau von kommunalen Energiemanagement**

Der Ausbau bzw. die Einführung von kommunalen Energiemanagement kann, oftmals durch eine Optimierung fehlerhafter Heizungseinstellungen, zu unmittelbaren Verbrauchs- und damit auch zu THG-Reduktionen führen.

- **Optimierung von Heizungsanlagen**

Die Optimierung von Heizungsanlagen (Einbau hocheffizienter Pumpen, Optimierung der Regelung und Steuerung, hydraulischer Abgleich, ...) kann, oft ohne große Investitionen, zu einer unmittelbaren Verbrauchs- und damit auch zu THG-Reduktionen führen.

- **Kontrolle energetischer Standard beim Neubau**

Um die Einhaltung von Effizienzvorgaben (vor allem bei erhöhten Anforderungen) zu gewährleisten, müssen Baumaßnahmen, auch diesbezüglich, kontrolliert werden. Dies dient auch der Glaubwürdigkeit von Effizienzbemühungen.

- **Effizienzvorgaben bei kommunalen Bauvorhaben**

Effizienzvorgaben für kommunale Bauvorgaben liegen komplett im Entscheidungsbereich der Kommunen und können unmittelbar umgesetzt werden. Medial aufbereitet sendet dies auch ein Signal an private Bauherrn.

- **Umstellung Straßenbeleuchtung**

Die in der Regel begonnene (und manchmal bereits beendete) Umstellung auf energieeffiziente Straßenbeleuchtung ist weiterzuführen. Dabei ist darauf zu achten, dass Effizienzgewinne nicht durch eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke wieder kompensiert werden.

- **Erstellung Solarkataster/ PV-Beratung**

Um die notwendige Installation von PV-Anlagen auf (privaten) Hausdächer und Flächen weiter voranzutreiben, sollte die PV-Informationsmöglichkeiten ausgebaut werden. Ein flächendeckendes Solarkataster kann ein medienwirksamer Schritt dazu sein.

- **Infokampagne Laufbusse**

Ein geändertes Mobilitätsverhalten hat eine große Bedeutung für den Klimaschutz. Eine Informationskampagne für „Laufbusse“, die Grundschüler gehen gemeinsam zur Schule und werden nicht von den Eltern mit dem Pkw gefahren, kann frühzeitig, nachhaltiges Mobilitätsverhalten fördern.

- **Nachhaltige Ernährung in kommunalen Einrichtungen**

Die Ernährung in kommunalen Einrichtungen sollte sich an nachhaltigen Aspekten orientieren. Dies bedeutet, die angebotenen Speisen sollten möglichst regional, saisonal, aus ökologischem Anbau oder Tierhaltung und mit vegetarischen Alternativen sein. Anhaltspunkte können die DGE-Standards geben.

### 6.5.3 Auswirkung – wichtigste Maßnahmen

Nachfolgend sind die Maßnahmen aufgelistet, die die größten Auswirkungen auf eine Reduktion der THG-Emissionen haben. In Teilen überschneiden sich die Maßnahmen mit den Maßnahmen von höchster Priorität. Es kommen jedoch auch Maßnahmen hinzu, die zwar wichtig, deren zeitliche Umsetzung jedoch nicht unmittelbar erfolgen muss, weil ansonsten schwer korrigierbare Weichenstellungen erfolgen würden. Manche Maßnahmen (z.B. Ausbau Windkraft) werden, in dem notwendigen Umfang, sicher nicht leicht umzusetzen sein, und benötigen langen Atem und intensive Überzeugungsarbeit.

- **Ausbau von Photovoltaik auf Dächern und befestigten Flächen**

Der Ausbau von Photovoltaik auf Dächern und befestigten Flächen ist eine Voraussetzung zum Erreichen der Klimaziele. Das vorhandene Flächenpotenzial muss weitestgehend genutzt werden. Um die Akzeptanz in der Bevölkerung zu erhöhen, sollte die Nutzung bereits versiegelter Flächen den Vorrang vor unbelasteten Flächen haben.

- **Photovoltaikpflicht auf Neubauten**

Um das Ausbauziel für die erneuerbare Stromerzeugung zu erreichen, muss auf allen Neubauten großflächig Photovoltaik installiert werden oder zumindest eine spätere Installation vorgesehen werden. Im Idealfall werden die Dachausrichtung und -gestaltung (und/oder Fassadenausbildung) dahingehend optimiert. Solange dies nicht gesetzlich geregelt ist, sollten die Vorgaben in Bebauungsplänen und städtebaulichen Verträgen geregelt werden. Um die Klimaziele der EMN zu erreichen, ist diese Maßnahme sehr wichtig.

- **Ausbau von Windkraft, Repowering und Neubau**

Auf den vorhandenen Windkraftstandorten muss durch Repowering die Stromproduktion deutlich erhöht und gleichzeitig der Ausbau an neuen Standorten massiv vorangetrieben werden. Um die Klimaziele der EMN zu erreichen ist diese Maßnahme sehr wichtig.

- **Umstellung von Wärmenetzen auf erneuerbare Energien**

Vorhandene Wärmenetze müssen auf erneuerbare Energien umgestellt werden bzw. muss der Einsatz erneuerbarer Energien ausgeweitet werden. Dabei ist auf einen Ausbau der Wärmespeicherung und einen bivalenten Energieeinsatz (Integration von Power2Heat) zu achten.

- **Bürgerbeteiligung**

Bei Großanlagen zur erneuerbaren Stromerzeugung (Windkraft, Freiflächenphotovoltaik) kann durch eine Bürgerbeteiligung an der Erzeugungsanlagen die Akzeptanz erhöht werden. Ohne weitgehende Akzeptanz in der Bevölkerung wird sich die regenerative Stromerzeugung nicht im erforderlichen Maß umsetzen lassen.

- **Effizienzvorgaben in B-Plänen, städtebaulichen Verträgen**

Solange die Effizienzvorgaben an den Neubau in der gültigen EnEV bzw. im zukünftigen GEG nicht massiv verschärft werden, sind Effizienzvorgaben in B-Plänen und städtebaulichen Verträgen notwendig. Mit den aktuellen gesetzlichen Regelungen sind die Zielvorgaben im Gebäudebereich nicht zu erreichen.

- **Reduktion Wohnflächenbedarf/EW**

Der Heizwärmebedarf im Sektor der privaten Haushalte wird bestimmt durch die energetische Qualität und der Größe des beheizten Wohnraums. Eine Verringerung des beheizten Wohnraums pro Einwohner, durch passende Wohnraumangebote (Neubau kleiner Wohnungen, Wohnungstausch, ...) kann langfristig wesentlich zu einer Verringerung des Energieverbrauchs und einer Reduktion der THG-Emissionen beitragen.

- **Erhöhung Effizienz Sektor GHDI**

Die Erhöhung der Energieeffizienz im Sektor GHDI ist entscheidend für die Erreichung der Klimaziele in diesem Sektor.

- **Ausbau ÖPNV - ganzheitliches Konzept**

Der mit dem ÖPNV zurückgelegte Personenkilometer benötigt deutlich weniger Energie und verursacht geringere THG-Emissionen als mit dem motorisierten Individualverkehr (MIV, d.h. meist PKW). Um einen Umstieg auf den ÖPNV zu befördern, muss in einem ganzheitlichen Konzept der ÖPNV attraktiver (Tarife, Taktfrequenz) werden und gleichzeitig der MIV unattraktiver (weniger kostenlose Stellplätze, ...). Die Handlungsstränge müssen zeitlich aufeinander abgestimmt erfolgen.

- **Ausbau Fahrradinfrastruktur**

Der Umstieg vom MIV auf das Fahrrad ermöglicht die größte Minderung der THG-Emissionen im Verkehrssektor. Durch den Ausbau einer entsprechenden Infrastruktur ist dies zu befördern.

## 7 Bewertung

### 7.1 Bewertung Rahmenbedingungen

Aktuell sind die Rahmenbedingungen für den Wechsel hin zu einem massiven Ausbau der erneuerbaren Energien und der deutlichen Erhöhung der Effizienzaktivitäten noch nicht optimal. Allen voran ist dabei die 10H-Regelung für die Windkraft zu nennen, die einen Ausbau zwar nicht verbietet oder ausschließt, aber ein deutliches Signal der Landespolitik an die Akteure vor Ort sendet. Indem man die Windkraft als privilegiertes Bauvorhaben herausgenommen hat, obliegt nun die Verantwortung für die Umsetzung der Anlagen bei den lokalen Politikern. Diese müssen sich nun ohne Rückhalt aus München den teils massiven Widerstand aus der Bevölkerung stellen. Hier muss ein Umdenken in der Landespolitik erfolgen. Ebenso sind die Vergütungsregelungen für Binnenwindkraftanlagen zu überarbeiten. Auch die Regelungen für Biogasanlagen werden dazu führen, dass ein massiver Rückbau dieser Technologie erfolgen wird. Gerade diese KWK-Anlagen, die, bei gleichzeitiger Wärmenutzung, netzdienlich erneuerbaren Strom bereitstellen, könnten zukünftig ein Baustein bei der Bereitstellung von Residuallast sein.

Die Regelungen für die Eigenstromnutzung sind ebenfalls noch zu kompliziert, um ein maßgebliches Marktsignal senden zu können.

Die Energieeffizienz weist immer noch hohe Potenziale auf, die nur zum Teil umgesetzt werden. Dies betrifft alle Akteure, GHDI, Kommunen, Haushalte und Verkehr.

Im Verkehrsbereich ist die angedachte Entwicklung im Bereich der Elektromobilität noch ausbaufähig. Sowohl die notwendigen Infrastrukturmaßnahmen als auch die Entscheidung der Einzelakteure zum Kauf eines Elektroautos sind hier zu nennen. Die Nutzer sind sich unsicher, ob das Elektrofahrzeug einen Ersatz zum Verbrennungsmotor und dessen Nutzen leisten kann. Ohne eine Garantie in der Reichweite und einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur kann das Elektrofahrzeug dies nicht leisten.

In den Städten muss eine stärkere Fokussierung auf den Rad- und Fußverkehr stattfinden. Dies führt zwangsläufig zu Einschränkungen des motorisierten Individualverkehrs. Ein reiner Wechsel von Verbrennungs- zu Elektromobilität wird nicht die Lösung darstellen. Viel mehr sind intelligente Kombinationsmöglichkeiten und Verkehrsträgernetzwerke zu finden.

## 7.2 Langfristbewertung Kosten

Eine der zentralen Fragestellungen in dieser Studie war die Priorisierung der günstigsten Maßnahmen zur Erreichung der Emissionsreduktion bis 2050. Grundsätzlich ist dazu zu sagen, dass sich diese Frage nur zum Teil stellt, da für den notwendigen Umbau der Systeme hin zu einer nahezu THG-Neutralität im Jahr 2050 nahezu alle nutzbaren Potenziale der erneuerbaren Energien (im Besonderen PV und Wind) benötigt werden, aber auch die vorhandenen Potenziale der Energieeffizienz umgesetzt werden müssen. Eine Priorisierung nach Kostenaspekten mit dem Ziel, nur die wirtschaftlichsten Maßnahmen umzusetzen, wird die notwendige Reduktion der THG-Emissionen nicht erreichen lassen.

Eine sinnvolle und langfristig planbare CO<sub>2</sub>-Bepreisung wird ein erhebliches Kostensignal senden. Sie würde die aktuellen volkswirtschaftlichen Kosten in die betriebswirtschaftliche Entscheidung der Einzelakteure implementieren und damit eine Ausrichtung auf ein ökologisches Gesamtsystem erheblich beeinflussen. Werden diese Kosten für CO<sub>2</sub> planbar ansteigen, können die Akteure auch langfristige Investitionsentscheidungen sinnvoll treffen. Dadurch werden mit hoher Wahrscheinlichkeit die aktuelle Versorgung mit fossilen Energieträgern und die vorhandenen Effizienzpotenziale ohne Mehrkosten auf erneuerbare Energien und Effizienztechnologien umgestellt werden. So gilt die Einführung einer sinnvollen und langfristig planbaren CO<sub>2</sub>-Bepreisung als zentrales Kostensignal.<sup>12</sup> Inwieweit Emissionshandel oder Steuer diese Funktion am besten übernehmen können, wird hier nicht weiter ausgeführt.

**Durch den Ausbau und Einsatz von erneuerbaren Energien ist in der Regel eine Reduktion der THG-Emissionen deutlich günstiger zu erreichen als durch die meisten Effizienzmaßnahmen,** speziell in der Sanierung des Gebäudebestandes. Wenn Sanierungen nur aus Gründen der Energieeinsparung geschehen, ist aktuell oft eine Wirtschaftlichkeit kaum gegeben. Werden Sanierungen unter dem Aspekt des Gebäudeunterhalts durchgeführt, relativieren sich die Mehrkosten für die energetische Sanierung oftmals. Um schnelle und kostengünstige Reduktionen der THG-Emissionen zu erreichen, ist dem Ausbau von erneuerbaren Energien der Vorzug vor großen Sanierungskampagnen zu geben. Anders stellt sich die Situation allerdings beim Neubau dar. Hier ist es aus Kostengesichtspunkten dringend anzuraten, eine hohe Effizienz zu fordern. Dies ist deutlich günstiger als zusätzliche Sanierungen. Der hohe Effizienzstandard senkt zudem den Energiebedarf im Winter und wirkt so der Winterspitzenlast entgegen. Es ist eine der zentralen Forderungen an die Politik in der EMN, schnellstmöglich für eine hocheffiziente Neubaueise zu sorgen und keinen Standard schlechter als KfW 55/40 (besser wäre noch der Passivhausstandard) zuzulassen. Dies führt, aufgrund der Förderprogramme der KfW, zu keinen oder nur zu sehr geringen Mehrkosten. Des Weiteren werden alle Gebäude, die jetzt neu errichtet werden, mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht mehr vor 2050 saniert. Ein schlechter Standard bei diesen Gebäuden stellt somit ein erhebliches Risiko dar, die vorgegebene THG-Reduktion bis 2050 nicht zu erreichen.

---

<sup>12</sup> CO<sub>2</sub>-Bepreisung: Schneller Einstieg jetzt nötig, UBA 2019

Vergleichbar mit dem notwendigen, hohen Effizienzniveau beim Neubau ist auch ein hoher Effizienzstandard bei Sanierungen im Gebäudebestand anzustreben. Wenn sowieso Maßnahmen im Gebäudebestand durchgeführt werden, sei es aus Gründen des Gebäudeunterhaltes oder aufgrund anderer notwendiger Umbaumaßnahmen, sind die energetischen Mehrkosten für eine hocheffiziente Sanierung (der betroffenen Bauteile) oftmals überschaubar. Im Gegensatz zum Neubau ist es hier jedoch schwierig, absolute Effizienzvorgaben zu machen. Während bei manchen Umbaumaßnahmen hohe Effizienzstandards ohne großen Zusatzaufwand erreicht werden können, ist dies bei anderen Projekten, aufgrund anderer Rahmenbedingungen (Gebäudebestand, aktuelle und zukünftige Nutzung, Denkmalschutz, etc.) nur mit unverhältnismäßigem Aufwand möglich. Umso wichtiger ist es, immer dann, wenn höchste Standards möglich sind, diese auch anzustreben.

Eine der zentralen Fragen im Bereich der Systemkosten ist die Deckung der Lastspitzen im Strombereich im Winter, die durch den Wärmepumpenstrom für Raumwärmebereitstellung anfallen werden. Hier konkurrieren unterschiedliche Technologien mit sehr unterschiedlichen Kosten. So führt der Einsatz von Wärmespeichern (für einen kurzzeitigen Lastausgleich) schon heute zu nahezu keinen Mehrkosten. In Zukunft müssen zentrale Wärmenetze und Einzelgebäude größere Speicher zur Verfügung haben, um so den Spitzenlastanfall im Winter glätten zu können. Ergänzt man diese Speicher noch mit Technologien zur Umwandlung von Strom in Wärme, können diese Speicher auch netzstabilisierend eingesetzt werden. Dies kommt heute schon in Großwärmespeichern (N-ERGIE AG) und in manchen Einfamilienhäusern zum Einsatz.

Ein weiterer Ansatz, die Spitzenlast im Winter mit geringen Mehrkosten abzufangen, stellt die Biomasse dar. Bereits heute sind viele der zentralen Wärmenetze mit Biomasseheiz(kraft)werken ausgestattet. Es ist ratsam, diese Netze durch Großsolaranlagen zu ergänzen, da so Biomasse im Sommer „gespart“ werden kann und im Winter zur Verfügung steht. Die Wärmegestehungskosten für Großsolaranlagen liegen aktuell im Bereich von Biomasseanlagen. Unter dem Aspekt von Preissteigerung bei der Biomasse, können Solarthermieanlagen die Wärmekosten langfristig betrachtet sogar senken.

Eine weitere Kostenfrage ist die Bereitstellung der notwendigen Residuallast. Die Residuallast ist notwendig, da PV und Wind hohe Schwankungen aufweisen. Auch wenn die Charakteristik von PV und Windkraft einen guten jahreszeitlichen Ausgleich darstellen, kommen doch erhebliche kurzfristige Lastschwankungen zum Tragen. So wurden zum Beispiel am 10.01.2019 23,8% des Gesamtstrombedarfs durch erneuerbare Energien bereitgestellt, bereits drei Tage später, am 13.01.2019 lag dieser Wert bei knapp 70%.<sup>13</sup> Dies zeigt die Notwendigkeit von zuverlässig zu- oder abschaltbaren Residuallasten. Hier konkurrieren mehrere Systeme:

- Gaskraftwerke,
- Kraft- Wärme (- Kälte)- Kopplungsanlagen
  - Biogasanlagen,
  - P2Gas KWKK,
- verschiedene Speichertechnologien,
- das Verbundstromnetz;

---

<sup>13</sup> Energy Charts, Fraunhofer ISE 2019

Welche Technologie diese wichtige Residuallast langfristig zur Verfügung stellt, wird in den Studien sehr unterschiedlich bewertet. Sicher werden KW(K)K-Anlagen noch bis Mitte der 30iger Jahre zur Verfügung stehen und mit einer Abkehr von langen Laufzeiten hin zu geringen Laufzeiten mit hoher Leistung systemdienlich agieren. Dies betrifft Biogas- und fossile KWK gleichermaßen.<sup>14</sup> Bis 2050 könnte dies aber anders geregelt werden und die o.g. Systeme könnten neben der KW(K)K diese Funktion übernehmen. Hier liefern verschiedene Studien unterschiedliche Ergebnisse. Der Bundesverbandes KWK kommt zu dem Schluss, dass aus Kostengesichtspunkten die KWK auch langfristig eine wichtige Rolle bei der Bereitstellung der Residuallast spielen wird.<sup>15</sup> Eine andere Aussage trifft eine Studie des Fraunhofer IWES, die vor allem der stärkeren Vernetzung im europäischen Verbundstromnetz eine starke Rolle zuweist.<sup>16</sup> Auch eine Studie der AGORA Energiewende schätzt die langfristige Rolle (nach 2035) der KWK als gering ein. Hier werden vor allem die Speichertechnologie und die Gaskraftwerke (ohne Wärmekopplung) der Vorzug gegeben. Allerdings wird die Rolle der KWK auch in Abhängigkeit zu den Erfolgen in der Gebäudesanierung gesehen. Je geringer die Sanierungserfolge in diesem Bereich sein werden, desto höher kann der Versorgungsanteil der KWK sein.<sup>17</sup>

### 7.3 Auswirkungen in der EMN

Die hier vorgestellte Analyse zur Umsetzung der Potenziale in der Energieeffizienz und des Ausbaus der erneuerbaren Energien in der EMN werden zu massiven Auswirkungen in der EMN führen. Zum einen wird sich das Landschaftsbild durch den massiven Zubau von erneuerbaren Energien verändern, dies trifft sowohl auf die PV-Freiflächenanlagen als auch auf die Windkraft zu. Vor allem die Windkraft wird durch den erheblichen Zubau an Anlagen und der deutlich größeren Anlagen sichtbar werden. Die Dachlandschaft und versiegelten Flächen in den Siedlungsgebieten werden in einem hohen Maß mit Photovoltaik belegt sein. Die ursprünglichen Dachlandschaften werden nur in den historisch gewachsenen Ortskernen erhalten bleiben. Der Neubau wird durch neue Bauformen bestimmt sein, die unter anderem darauf ausgelegt sind, größtmögliche solare Gewinne zu erzielen. Dies hat Auswirkungen auf Dachformen und Fassadenausprägung. Die Vorschriften im Bereich der Neubautätigkeit werden dazu führen, dass nur noch hocheffiziente Gebäude errichtet werden, einhergehend mit einem Verbot sämtlicher nichtleitungsgebundener fossiler Energiequellen.

Der Energiebedarf der EMN wird weitestgehend auf dem Gebiet der Metropolregion gedeckt werden. Dies führt zu einer massiven Steigerung der regionalen Wertschöpfung im Energiesektor.

Von der Politik (Bund, Länder und Gemeinden) sind Entscheidungen zu treffen, die den Umbau der Energieversorgung hin zu erneuerbaren Energien befördern.

---

<sup>14</sup> Energiewende und Strommarkt, [www.kwk-flexperten.net](http://www.kwk-flexperten.net), Flexperten, 2019

<sup>15</sup> Kurzstudie zur Rolle der Kraft-Wärme-Kopplung in der Energiewende, B.KWK, 15. März 2018

<sup>16</sup> Analyse eines europäischen 95%-Klimazielszenarios, Fraunhofer IWES, Februar 2017

<sup>17</sup> Wärmewende 2030, AGORA Energiewende, Februar 2017



## 8 Anhang

### 8.1 Literaturverzeichnis

Neben den im Text angegebenen Quellen wurden nachfolgende Studien und Untersuchungen für die Bewertung von Technologien und Sachverhalten, zur Abschätzung von Entwicklungen und Prognosen sowie zur Verifizierung von eigenen Annahmen herangezogen.

- Projektbericht: Strategien für eine naturverträgliche Energiewende; Wuppertal Institut; Auftraggeber: Naturschutzbund Deutschland e. V. (NABU); November 2018
- Klimaschutzszenario 2050; Öko-Institut e.V., Fraunhofer ISI; Auftraggeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Dezember 2015
- Klimapfade für Deutschland; The Boston Consulting Group (BCG), Prognos; Auftraggeber: Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI); Januar 2018
- Dena-Leitstudie Integrierte Energiewende; Deutsche Energie-Agentur (dena); Juli 2018
- Expertise bündeln, Politik gestalten – Energiewende jetzt!; Leopoldina Nationale Akademie der Wissenschaften, Deutsche Akademie der technischen Wissenschaften (acatech), Union der Deutschen Akademien der Wissenschaften, Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI), Deutsche Energie-Agentur (dena); Februar 2019
- Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strommix im Jahr 2016 sowie Ausblicke auf 2020 bis 2050; Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien GmbH (IINAS); Auftraggeber: Fachgemeinschaft für die effiziente Energieanwendung e.V. (HEA); Januar 2018
- Analyse eines europäischen -95%-Klimaszenarios über mehrere Wetterjahre, Teilbericht im Rahmen des Projekts: Klimawirksamkeit Elektromobilität; Fraunhofer IWES; Auftraggeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit; Februar 2017
- Straßenbeleuchtung im Energiesparmodus; PricewaterhouseCoopers (PwC); Februar 2015
- <https://www.statistikdaten.bayern.de>; GENESIS-Online Datenbank; Bayerisches Landesamt für Statistik
- <https://www.statistik.thueringen.de>; Thüringer Landesamt für Statistik (TLS)

## 8.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Übersicht der wichtigsten Daten in der EMN 1990-2015.....	14
Abbildung 2 Endenergieverbrauch nach Energieträgern (ohne Verkehr) .....	15
Abbildung 3 Entwicklung CO <sub>2</sub> Emissionen ohne Verkehr .....	15
Abbildung 4 Entwicklung Endenergie, CO <sub>2</sub> und THG pro Einwohner .....	16
Abbildung 5 Gegenüberstellung EE Strom und Wärme.....	16
Abbildung 6: Kartenbeispiel (Ausschnitt): Wärmebedarfsdichte, Wärmeverbund; Fernwärme .....	17
Abbildung 7: Szenarien 2030 Endenergiebedarf, Emissionen GHDI.....	21
Abbildung 8: Szenarien 2050 Endenergiebedarf, Emissionen GHDI.....	22
Abbildung 9: Szenarien 2050 Baualter Wohnflächen, Sanierungshorizont.....	24
Abbildung 10: Szenarien 2030 Endenergiebedarf, Emissionen Haushalte .....	26
Abbildung 11: Szenarien 2050 Endenergiebedarf, Emissionen Haushalte .....	27
Abbildung 12: Szenario 2030 Endenergiebedarf, Emissionen Verkehr .....	29
Abbildung 13: Szenario 2050 Endenergiebedarf, Emissionen Verkehr .....	30
Abbildung 14: Szenarien 2030 Endenergiebedarf, Emissionen EMN .....	31
Abbildung 15: Szenarien 2050 Endenergiebedarf, Emissionen EMN .....	32
Abbildung 16 zukünftige Fernwärme und die Rolle der KWK .....	35
Abbildung 17 Ertragsgraphik PV 2018 .....	38
Abbildung 18 Ertragsgraphik Wind 2018 .....	39
Abbildung 19 Kleinwindanlage für Flachdachtraufen.....	43

### 8.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: EMN Energiebedarf Sektoren 2050 .....	9
Tabelle 2: Potenziale erneuerbare Energien .....	10
Tabelle 3: EMN Endenergiebilanz 2015 (aktualisierte Werte) .....	13
Tabelle 4 Szenarien 2030, 2050 Parameter Sektor GHDI .....	20
Tabelle 5 Szenarien 2030, 2050 GHDI Reduktion Endenergie und THG Emissionen .....	20
Tabelle 6 Szenarien 2050 Parameter Sektor Haushalte .....	23
Tabelle 7 Szenarien 2030, 2050 Haushalte Reduktion Endenergie und THG Emissionen .....	25
Tabelle 8 Szenarien 2030, 2050 Parameter Sektor Verkehr .....	28
Tabelle 9 Szenarien 2030, 2050 Verkehr Reduktion Endenergie und THG Emissionen.....	29
Tabelle 10 Szenarien 2050 EMN Reduktion Endenergie und THG Emissionen.....	30
Tabelle 11 Vergleich Techniken Wärmebereitstellung Stromüberschuss .....	37
Tabelle 12 Windkraft in der EMN Anzahl, Leistung und Arbeit (EEG-Einspeisung) .....	39
Tabelle 13 Windkraftpotenzial bis 2030.....	41
Tabelle 14 Windkraftpotenzial bis 2050.....	42
Tabelle 15 Photovoltaikpotenzial bis 2030 .....	44
Tabelle 16 Photovoltaikpotenzial bis 2050 .....	45
Tabelle 17 Wasserkraftpotenzial bis 2030 und 2050 .....	45
Tabelle 18 Potenzial Biogas Strom 2030 und 2050 .....	46
Tabelle 19 Potenzial Biogas Wärme 2030 und 2050.....	46
Tabelle 20 Solarthermie Potenzial bis 2030 .....	47
Tabelle 21 Solarthermie Potenzial bis 2050 .....	47
Tabelle 22 Potenzial Waldholz bis 2030 und 2050.....	48
Tabelle 23 Potenzial KUP bis 2030 und 2050 .....	49
Tabelle 24 Potenzial feste Biomasse 2030 .....	49
Tabelle 25 Potenzial feste Biomasse 2050 .....	49
Tabelle 26 Potenzial Umweltwärme/ Abwärme 2030 .....	49
Tabelle 27 Potenzial erneuerbare Energien 2030 .....	50
Tabelle 28 Potenzial erneuerbare Energien 2050 .....	50





