

Bericht

Wärmewende: Die Energiewende im Wärmebereich

Überblick über internationale Erfahrungen

Bearbeitung durch:

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH

Uta Weiß (Teilprojektleitung), Dr. Helena Stange, Yannik Beermann, Mandy Werle

Öko-Institut e.V.

Dr. Sibylle Braungardt, Benjamin Köhler

IER Stuttgart

Sebastian Leopoldus, Nils Seckinger, Benjamin Ott, Prof. Dr. Peter Radgen

Berlin, Freiburg, Stuttgart, 15. Dezember 2021

Auftraggeber:

Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE)

beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)

Frankfurter Straße 29 – 35

65760 Eschborn

<https://www.bfee-online.de>

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

Scharnhorststr. 34-37

11019 Berlin

<https://www.bmwi.de>

Inhaltsverzeichnis

1	Executive Summary	- 7 -
2	Einführung	- 14 -
3	Schweden	- 15 -
3.1	Kurzüberblick Wärmemarkt Schweden	- 15 -
3.2	Rahmenbedingungen	- 17 -
3.3	Wärmewende in Schweden – Instrumentenüberblick	- 18 -
3.4	Lessons learned und Übertragbarkeit auf Deutschland	- 27 -
4	Finnland	- 29 -
4.1	Kurzüberblick Wärmemarkt Finnland	- 29 -
4.2	Rahmenbedingungen	- 33 -
4.3	Wärmewende in Finnland – Instrumentenüberblick	- 33 -
4.4	Lessons learned und Übertragbarkeit auf Deutschland	- 42 -
5	Dänemark	- 44 -
5.1	Kurzüberblick Wärmemarkt Dänemark	- 44 -
5.2	Rahmenbedingungen	- 48 -
5.3	Wärmewende in Dänemark – Instrumentenüberblick	- 49 -
5.4	Lessons learned und Übertragbarkeit auf Deutschland	- 56 -
6	Frankreich	- 57 -
6.1	Kurzüberblick Wärmemarkt Frankreich	- 57 -
6.2	Rahmenbedingungen	- 61 -
6.3	Wärmewende in Frankreich – Instrumentenüberblick	- 61 -
6.4	Lessons learned und Übertragbarkeit auf Deutschland	- 66 -
7	Niederlande	- 69 -

7.1	Kurzüberblick Wärmemarkt in den Niederlanden	- 69 -
7.2	Rahmenbedingungen	- 72 -
7.3	Wärmewende in den Niederlanden - Instrumentenüberblick	- 72 -
7.4	Lessons learned und Übertragbarkeit auf Deutschland	- 79 -
8	Industrielle Prozesswärme	- 80 -
8.1	Einführung	- 80 -
8.2	CO ₂ -Bepreisung	- 83 -
8.3	Energieaudits und Energiemanagementsysteme	- 85 -
8.4	Subventionsprogramme	- 86 -
8.5	Verpflichtungen / Regulatorischer Rahmen	- 87 -
8.6	Information und Netzwerke	- 88 -
8.7	Forschung und Entwicklung	- 89 -
8.8	Freiwillige Abkommen	- 91 -
8.9	Zusammenfassung Instrumente für industrielle Prozesswärme	- 92 -
9	Schlussfolgerungen	- 95 -
10	Literatur	- 99 -
10.1	Schweden	- 99 -
10.2	Finnland	- 103 -
10.3	Dänemark	- 107 -
10.4	Frankreich	- 108 -
10.5	Niederlande	- 110 -
10.6	Industrielle Prozesswärme	- 111 -

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser in Häusern, Mehrfamilienhäusern und Nichtwohngebäuden in Schweden nach Energieträgern	- 16 -
Abbildung 2:	Energieeffizienzklassen der unterschiedlichen Gebäudekategorien in Schweden	- 17 -
Abbildung 3:	Primärenergiefaktoren der schwedischen Bauvorschriften 2018 und 2020	- 20 -
Abbildung 4:	Entwicklung des Anteils am Gebäudebestand nach Energieklassen.	- 21 -
Abbildung 5:	Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser in schwedischen Ein- und Zweifamilienhäusern und beheizte Fläche	- 23 -
Abbildung 6:	Zur Erzeugung von Fernwärme in Schweden genutzte Energieträger (in TWh)	- 25 -
Abbildung 7:	Anteile der Energieträger für die Raumwärmeerzeugung in Finnland 2018	- 30 -
Abbildung 8:	Verteilung des Energieverbrauches auf die Energieträger in den unterschiedlichen Gebäudetypen	- 31 -
Abbildung 9:	Anteil des Endenergieverbrauchs und der CO ₂ -Emissionen für die verschiedenen Gebäudetypen in Finnland im Jahr 2018.	- 32 -
Abbildung 10:	Entwicklung der Besteuerung von Brennstoffen für Wärmeerzeugung in Finnland	- 34 -
Abbildung 11:	Jährlicher Wärmepumpenabsatz in Finnland	- 38 -
Abbildung 12:	Entwicklung der Anteile verschiedener Energieträger an der Wärmeerzeugung für Wärmenetze in Finnland	- 40 -
Abbildung 13:	Gebäudebestand in Dänemark 2021	- 45 -
Abbildung 14:	Beheizungsstruktur der Wohngebäude in Dänemark 2021	- 45 -
Abbildung 15:	Endenergieverbrauch für Raumwärme (ohne Landwirtschaft und Industrie) in Dänemark 2019 nach Energieträger	- 46 -
Abbildung 16:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Raumwärme in Dänemark von 1975 bis 2019 nach Energieträger	- 47 -

Abbildung 17:	Fernwärmeerzeugung 2019 nach Erzeugungsanlagen	- 48 -
Abbildung 18:	Fernwärmeerzeugung 2019 nach Energieträgern: gesamte Erzeugung (links) und erneuerbare Energien (rechts)	- 54 -
Abbildung 19:	Verteilung der französischen Wohneinheiten auf Energieeffizienzklassen zum 1.1.2018 (in Tausend)	- 58 -
Abbildung 20:	Energieverbrauch des Wohngebäudesektors in Frankreich (in TWh, klimabereinigt, ab 2011 einschl. Überseegebieten).	- 59 -
Abbildung 21:	Energieverbrauch in Nichtwohngebäuden des GHD-Sektors in Frankreich (in TWh, klimabereinigt, ab 2011 einschl. Überseegebieten)	- 60 -
Abbildung 22:	Treibhausgasemissionen im Sektor Gebäude seit 1990 (Mt CO ₂ -Äqu.)	- 60 -
Abbildung 23:	Anteil Energieträger an der Raumwärmeversorgung von Wohngebäuden in den Niederlanden (2019)	- 70 -
Abbildung 24:	Verteilung der Effizienzklassen für Wohngebäude in den Niederlanden.	- 71 -
Abbildung 25:	Verteilung der Effizienzklassen für Nichtwohngebäude in den Niederlanden (2019).	- 72 -
Abbildung 26:	Anteil an erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung (inkl. Prozesswärme).	- 74 -
Abbildung 27:	Beispielhafte Darstellung der bereitgestellten Informationen auf der ECW-Webseite	- 77 -
Abbildung 28:	Struktur der Wertschöpfung in den untersuchten Ländern im Jahr 2019.	- 81 -
Abbildung 29:	Emissionsintensität der untersuchten Länder und deren Industrie. Energieproduktivität, Energiepreise und die Anteile erneuerbarer Energien am Bruttoendenergiebedarf.	- 83 -

1 Executive Summary

In der vorliegenden Studie wurde der Stand der Wärmewende in fünf Ländern – Dänemark, Finnland, Frankreich, Niederlande und Schweden – analysiert. Der Vergleich dieser Länder zeigt, dass der Umsetzungsstand der Wärmewende im Gebäudesektor innerhalb Europas sehr unterschiedlich ausfällt. In den nordischen Ländern ist die Wärmewende in Gebäuden nahezu abgeschlossen (Schweden) bzw. weit vorangekommen (Finnland und Dänemark). Andere Länder, wie auch Deutschland, stehen noch am Anfang des Weges. Wie kam es zu diesen Erfolgen in der Wärmewende? Und was sind nachahmenswerte Beispiele über alle betrachteten Länder hinweg? Diese Fragen untersucht der vorliegende Bericht.

Welche Erkenntnisse lassen sich aus den Erfahrungen anderer Länder zur Wärmewende ziehen?

Steuern und Abgaben auf fossile Brennstoffe sind ein erfolgreiches Instrument für die Dekarbonisierung der Gebäudewärme: In Schweden und Finnland hat die steuerliche Belastung von Heizöl in Kombination mit relativ günstigen Strompreisen ausgereicht, um Wärmepumpen und Biomasse wirtschaftlich konkurrenzfähig zu machen. Aufgrund der mittels Abgabepolitik hergestellten Wirtschaftlichkeit spielte eine direkte finanzielle Förderung für die Heizungsumstellung vor allem in der Anfangszeit eine Rolle. Aufgrund des in Schweden üblichen Warmmietenmodells existiert dort kein Mieter:innen-Vermieter:innen-Dilemma wie in Deutschland.

Eine strategische Unterstützung präferierter erneuerbarer Technologien kann die Wärmewende entscheidend voranbringen. In Schweden sorgte eine frühe und strategische Technologieunterstützung für Wärmepumpen und Biomasse bezüglich Forschung, Entwicklung, Ausbildung und anfänglichen Subventionen dafür, dass gut funktionierende Produkte entstanden und sich mit sinkenden Preisen am Markt etablierten.

Wo Gasnetze vorhanden sind, wird der Ausstieg aus Gasheizungen ordnungsrechtlich angestoßen. In Schweden und Finnland gab es kaum ausgebaute Erdgasnetze: dass Erdgas dort nicht als (bisher günstige) Konkurrenztechnologie in Frage kam, hat wesentlich zum Übergang von fossiler zu erneuerbarer Wärme beigetragen. In Dänemark dürfen sowohl im Neubau als auch beim Heizungstausch im Bestand nur erneuerbare Energien zum Einsatz kommen – ein faktisches Gaskesselverbot. In den Niederlanden dürfen Neubauten nicht mehr an das Gasnetz angeschlossen werden, und auch Frankreich hat einen weitgehenden Phase-Out von Öl- und Gaskesseln im Neubau eingeleitet.

Gut ausgebaute Wärmenetze erleichtern die Wärmewende. Besonders wichtig sind Wärmenetze für dichter bebaute Quartiere. In Dänemark, Schweden und Finnland ist die überwiegende Mehrheit der Mehrfamilienhäuser an ein Wärmenetz angeschlossen; hier profitieren diese Länder von früheren strategischen Entscheidungen. Dort, wo Wärmenetze bisher noch nicht verbreitet sind – wie in den Niederlanden und Frankreich – ist ihr Ausbau geplant.

In Wärmenetzen bringt eine Mischung aus gezielten Steuern- und Abgaben und klaren Planungshorizonten für den Ausstieg aus fossilen Energieträgern die Dekarbonisierung voran. Der Aufstieg der erneuerbaren Energie, vor allem der Biomasse, in der Fernwärmeerzeugung in Schweden und Finnland beruht hauptsächlich auf Steuern und Abgaben, die die fossile Wärmeerzeugung im Ver-

gleich teurer machten. In Finnland und Dänemark wird der weitere Umstieg durch einen gesetzlichen Ausstieg aus der Kohle bzw. fossilen Brennstoffen bis 2029/2030 geleitet, der einen verlässlichen Rahmen für große Investitionsentscheidungen schafft.

Eine vorausschauende kommunale Wärmeplanung und eine gute lokale Koordination können die Transformation der Wärmeversorgung wesentlich unterstützen. In Dänemark ist ein rollierender Prozess der kommunalen Wärmeplanung seit vielen Jahren etabliert. Die Niederlande setzen für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung auf durch die Kommunen zu erstellende und umzusetzende Zeitpläne für die Transformation einzelner Quartiere. Dabei werden die Kommunen mit entsprechenden Beratungs-, Vernetzungs- und Fortbildungsangeboten unterstützt. In Finnland zeigt sich das Potenzial einer guten Abstimmung vor Ort in den schnellen Zuwächsen von Umwelt- und Abwärmenutzung in der Fernwärmeerzeugung.

Mindeststandards für Bestandsgebäude sind ein effektiver Hebel für Sanierungen. Es schafft Planungssicherheit, wenn Standards frühzeitig festgelegt und angekündigt werden. In den Niederlanden entfalten ab 2023 geltende Mindeststandards für Bürogebäude bereits seit ihrer Ankündigung starke Wirkung. In Frankreich treten ab 2025 gestufte Mindesteffizienzanforderungen in Kraft, die Voraussetzung für die Vermietung von Wohnungen sind.

Politische Instrumente zur industriellen Prozesswärme sind in den betrachteten Ländern noch nicht auf eine vollständige Dekarbonisierung ausgerichtet. Auf nationaler Ebene verhindern Befürchtungen vor Wettbewerbsnachteilen durch Carbon Leakage offenbar meist, dass wirkungsvolle CO₂-Steuern für Prozesswärme implementiert werden: hier braucht es dringend eine effektive europäische Lösung. Andere Instrumente zielen bislang vor allem auf Effizienzverbesserungen – mit Ausnahme des Subventionsprogramms SDE+/SDE++ der Niederlande. Erfahrungen mit Instrumenten, die eine Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung in großem Stil unterstützen, fehlen daher noch weitgehend. Dabei ist gerade Planungssicherheit für die Industrie zentral, um in klimaneutrale Produktionskapazitäten investieren zu können; die Schaffung von Planungs- und Investitionssicherheit sollte daher ein Maßstab der politischen Instrumentierung sein.

Was bedeutet das für eine Übertragung auf Deutschland?

Einen klaren förderlichen Rahmen für präferierte Versorgungsoptionen schaffen: Vor allem in den in der Wärmewende erfolgreichen nordischen Ländern wurden die besten realistisch verfügbaren Technologien identifiziert und ein entsprechender förderlicher Rahmen für diese Technologien gestaltet. Dies betrifft insbesondere die Wärmepumpe als Schlüsseltechnologie, die auch im niederländischen Zielbild eine zentrale Rolle spielt. Ebenso wurden förderliche Rahmenbedingungen für den Ausbau von Wärmenetzen geschaffen und deren Dekarbonisierung gezielt eingeleitet. Eine Konkurrenz der Versorgungsoptionen Fernwärme und Gas besteht nicht in vergleichbarem Maße wie in Deutschland: in Schweden und Finnland mangels ausgebauter Gasnetze, in Dänemark werden seit rund zehn Jahren schrittweise gasversorgte Gebiete auf Fernwärme umgestellt. In Dänemark und den Niederlanden spiegeln die Instrumente auch den Umgang mit den knappen Energieträgern Biomasse bzw. erneuerbarem Wasserstoff wider. Insofern geben die erfolgreichen Länder in weiten Teilen einem effektiven Mitteleinsatz den Vorzug gegenüber umfassender Technologieoffenheit. Für Deutschland bedeutet das in der Übertragung, dass auch hier klare politische Entscheidungen und Wegweisungen zum Technologieeinsatz äußerst hilfreich, wenn nicht gar notwendig sind, um die Wärmewende zum Erfolg zu bringen.

Preisvorteil für elektrisch erzeugte Wärme sicherstellen: Die Wärme aus erneuerbarem Strom mittels elektrischer Wärmepumpen ist der effizienteste Weg, um erneuerbare Wärme jenseits von

knappen Ressourcen zu erzeugen. Damit eine weitgehende Elektrifizierung der Wärmeerzeugung in Gebäuden, Wärmenetzen und (wo möglich) in der Industrie konfliktarm gelingt, muss es wirtschaftlich vorteilhaft sein, Strom anstelle anderer Energieträger zu nutzen. Daher sollte einerseits eine zügige Reform der Abgaben und Umlagen auf den deutschen Strompreis umgesetzt werden, die gezielt Betreiber:innen von Wärmepumpen sowohl in privaten Haushalten als auch in Wärmenetzen und der Industrie entlastet. Andererseits müssen fossile Brennstoffe durch (CO₂-)Steuern und Abgaben erheblich stärker belastet werden: auf dauerhaft hohe und steigende Preise für fossile Energieträger muss Verlass sein, auch über kurz- und mittelfristige Schwankungen der Marktpreise hinaus. Nur so können Investitionsentscheidungen angemessen getroffen und soziale Schieflagen durch plötzliche Preissteigerungen auf den Energiemärkten vermieden werden.

Finanzielle Förderung beibehalten: Bis Wärmepumpen wirtschaftlich konkurrenzfähig sind, werden finanzielle Förderungen weiterhin benötigt. Eine strategische Entscheidung der Bundesregierung für den Ausbau einzelner Technologien – wie der Wärmepumpe –, könnte ähnlich wie in Schweden mit einer Forschungs-, Entwicklungs- und Ausbildungsinitiative die richtigen Rahmenbedingungen für ein Gelingen der Wärmewende setzen.

Fossile Alternativen schrittweise vom Markt nehmen: Die dargestellten Erfahrungen zeigen, dass es für eine erfolgreiche Wärmewende gezielte politische Maßnahmen braucht, um erneuerbare Energien in der Gebäudewärme zu verankern – dazu zählen auch ordnungspolitische Instrumente, die „zu günstige“ fossile Alternativen vom Markt nehmen. Ein ordnungsrechtlicher Ausstieg aus fossil befeuerten Kesseln wie in Dänemark könnte auch in Deutschland helfen, den Anteil erneuerbarer Energien schneller zu steigern: aufgrund der weiten Verbreitung von Erdgas werden sich erneuerbare Energien in Gebäuden hier nicht rechtzeitig allein aufgrund von steigenden Abgaben auf fossile Brennstoffe durchsetzen können.

Wärmebedarf senken, Energieeffizienz steigern: Zur Senkung des Wärmebedarfs sollten ähnlich wie in Frankreich und den Niederlanden auch in Deutschland Mindeststandards für den Bestand eingeführt werden. Um eine hohe Wirkung bei möglichst geringen Lock-In-Effekten zu erzielen, müssten hierfür ambitionierte Anforderungen gewählt und eine Datengrundlage für den Vollzug – etwa durch ein nationales Gebäuderegister – geschaffen werden.

Wärmenetze ausbauen und dekarbonisieren: Ein massenhafter Anschluss von Gebäuden an entsprechend ausgebaute Wärmenetze könnte auch in Deutschland helfen, die Wärmewende durch zentrale Umstellungen in der Fernwärmeerzeugung schneller voranzubringen. Bei der Dekarbonisierung der Wärmenetze kann Deutschland wegen mangelnder Verfügbarkeit nicht so stark auf Biomasse setzen wie die nordischen Länder. Für alternative Technologien wie Großwärmepumpen, Geo- und Solarthermie muss einerseits durch höhere Abgaben auf fossile Brennstoffe und geringere Strompreise ein wirtschaftlich besseres Umfeld geschaffen werden. Andererseits sind Strukturen für die optimale Nutzung lokaler (Ab-)Wärmequellen notwendig. Außerdem würde ein gesetzlicher Ausstiegszeitpunkt aus fossiler Wärmeerzeugung auch in Wärmenetzen Investitionssicherheit schaffen.

Verbindliche Wärmeplanung etablieren: Eine verpflichtende lokale bzw. regionale Wärmeplanung ist notwendig für einen effektiven Einsatz der Ressourcen und klare Planungshorizonte für Kommunen, Gebäudebesitzer:innen, Wärmenetzbetreiber und Industrie. Aufgrund der föderalen Strukturen in Deutschland wird hier weniger zentrale Steuerung als etwa in den Niederlanden möglich und sinnvoll sein. Dennoch braucht es einheitliche Regelungen, etwa gemeinsame Preispfade für Energieträger und CO₂ sowie Vorschriften zum Einsatz knapper Energieträger wie Biomasse und Wasserstoff. Neben rechtlichen Umsetzungsfragen ist dabei zu klären, wie die mit der Wärmeplanung betrauten Verwaltungseinheiten einen ausreichenden Einfluss auf die

Wärmenetztransformation vor Ort erhalten können, auch wenn sie nicht – wie oft in den nordischen Ländern – Mehrheitseigentümerinnen der Wärmenetzbetreiber sind.

Dekarbonisierungsschub für die Prozesswärme erzeugen: Für die Dekarbonisierung der industriellen Prozesswärme sollten umgehend klare Planungshorizonte geschaffen werden. Eine neue Instrumentierung muss entwickelt werden, um den notwendigen „Transformationsturbo“ der Industrie zu ermöglichen. Für einen ausreichenden Carbon-Leakage-Schutz ist eine europäische Lösung erforderlich. In Deutschland sind neue Instrumente geplant, unter anderem Klimaschutzdifferenzverträge (Carbon Contracts for Difference). Auch die niederländische Förderung (SDE+/SDE++) könnte hier möglicherweise Inspiration bieten. Darüber hinaus braucht es frühzeitig angekündigte ordnungsrechtliche Regelungen, sodass Unternehmen sich auf den Pfad zur Klimaneutralität einstellen und die damit verbundenen Chancen nutzen können. Außerdem muss sichergestellt werden, dass die erneuerbaren Energieträger Strom und synthetische Brennstoffe in ausreichendem Maße verfügbar sein; dafür braucht es erhebliche Anstrengungen beim Ausbau der Erzeugungskapazitäten.

Und zuletzt: Erfahrungen anderer Länder nutzen. Nachdem der Fokus der deutschen Politik bislang deutlich stärker auf dem Strombereich als der Wärme lag, muss die Transformation der Wärmeversorgung nun rasant erfolgen, um die Klimaziele zu erreichen. Dabei sind die Erfahrungen anderer Länder hilfreich: nicht alles muss von Grund auf neu entwickelt werden und es gilt, kraftvolle, gut funktionierende Elemente erfolgreicher Politiken zu identifizieren und kleinteilige, wirkungsschwache Politiken zu meiden.

Wie steht es im Einzelnen in den untersuchten Ländern um die Wärmewende?

Schweden

Die Wärmewende im Gebäudebereich ist in Schweden nahezu abgeschlossen. Die vor allem bei Mehrfamilienhäusern und Nichtwohngebäuden weit verbreitete Fernwärme wurde über einen Zeitraum von etwa 25 Jahren nahezu komplett dekarbonisiert: heute trägt hier Biomasse fast zwei Drittel der Wärmeerzeugung, hinzu kommen Müllverbrennung, Umwelt- und Abwärmenutzung. Die dezentrale Wärmeversorgung dominiert bei den Ein- und Zweifamilienhäusern (EZFH). Hier waren direktelektrische und Biomasse-Heizungen schon lange verbreitet, fossile Öl-Heizungen hatten aber bis Ende der 1990er Jahre noch einen Anteil von etwa 40 %. Seitdem konnte – vor allem durch Einsatz von Wärmepumpen, aber auch durch mehr Anschlüsse an die Fernwärme – in weniger als 15 Jahren eine nahezu vollständige Dekarbonisierung erreicht werden.

Gelenkt wurde diese Entwicklung in Schweden vor allem über hohe Abgaben, etwa die CO₂-Steuer auf fossile Brennstoffe, außerdem tragen sehr günstige Strompreise zur Wettbewerbsfähigkeit von Wärmepumpen bei. In der Bauordnung haben Primärenergiefaktoren eine Lenkungswirkung. In der Fernwärme hat ein Zertifikatehandel Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) begünstigt. Trotz großer Verfügbarkeit von Biomasse wird diese auch in relevantem Maße importiert, was die Fernwärmeversorgung zukünftig vor Herausforderungen stellen könnte. Sowohl Wärmepumpen als auch Biomasse wurden in Forschung, Entwicklung, Ausbildung und vor allem anfängliche Subventionen frühzeitig strategisch gefördert. Wärmeplanung war hingegen in Schweden weniger erfolgreich: ein entsprechendes Gesetz von 1977 enthielt weder klare Zeitvorgaben noch Maßnahmen zur Überwachung, sodass es nicht gelungen ist, Kommunen zur Erstellung weitreichender Energiepläne bzw. daraus resultierenden Handlungen zu bewegen. Eine Besonderheit des schwedischen Wärmemarktes ist die dort übliche Warmmiete, bei der die Vermieter:innen für die Heizkosten aufkommen. Somit besteht für Sanierungen kein Nutzer:innen-Investor:innen-Dilemma.

Finnland

Der Energieverbrauch für Gebäudewärme in Finnland verteilt sich nahezu hälftig auf Fernwärme und dezentrale Wärme. Die Wärmewende ist in Finnland insbesondere in der dezentralen Gebäudeversorgung bereits sehr weit vorangekommen: fossile Brennstoffe tragen hier nur noch 7 % zur Versorgung bei, die elektrische Stromerzeugung – direkt und mit Wärmepumpe –, sowie Biomasse bilden hier die tragenden Säulen. In der Fernwärme ist die Dekarbonisierung der zu großem Teil von Unternehmen in kommunalem Eigentum betriebenen Wärmenetze etwa zur Hälfte erreicht. Dabei wurde bisher vor allem auf Biomasse als Ersatz gesetzt, für den weiteren Weg sollen aber auch vermehrt Alternativen zum Einsatz kommen, hauptsächlich Abwärme- und Umweltwärmenutzung mit Großwärmepumpen, die in den letzten Jahren besonders stark gewachsen sind.

Die Wärmewende wird in Finnland vor allem durch eine aktive Abgabenpolitik mit klaren umweltpolitischen Zielen gesteuert – 2011 wurde eine grundlegende Reform der Energiesteuern durchgeführt, welche Heizöl und Erdgas stark verteuerte. In Verbindung mit günstigen Strompreisen wurde so eine hauptsächlich marktgetriebene Verbreitung von Wärmepumpen in der dezentralen Gebäudeversorgung ermöglicht, in dem der Wärmepumpenvertrieb als erfolgreiches Geschäftsmodell neuer Akteure genutzt wurde. Künftig soll eine starke Steuerentlastung des Stromverbrauchs von Großwärmepumpen deren Einsatz in der Fernwärmeerzeugung unterstützen. In der Fernwärme setzt zudem der 2019 beschlossene Kohleausstieg in 2029 einen klaren Rahmen für neue Investitionen. Wärmeplanung erfolgt dabei durch Wärmenetzbetreiber, die zum größten Teil in kommunalem Eigentum sind.

Dänemark

Die Raumwärmeversorgung in Dänemark wird jeweils zur Hälfte durch Fernwärme und durch dezentrale Gebäudeversorgung getragen. Die Wärmewende in der Gebäudeversorgung ist in Dänemark bereits weit vorangekommen, aber noch nicht abgeschlossen: noch fast 40 % der dezentralen Versorgung und ein knappes Viertel der Fernwärme basiert auf fossilen Brennstoffen. Bei der Umstellung der Fernwärmeerzeugung auf erneuerbare Energie wurde zunächst stark auf Biomasse gesetzt. Die Beschaffung nachhaltiger Biomasse stellt das Land mittlerweile vor größere Herausforderungen, daher soll nun verstärkt auf andere erneuerbare Energien wie Wärmepumpen gesetzt werden.

Der gesamte Energiebereich in Dänemark ist seit vielen Jahrzehnten geprägt von konsistenter übergeordneter Planung und Regulierung (inkl. Preise):

- Die Fortschritte in der Wärmewende sind zum einen auf eine aktive Steuern- und Abgabenpolitik zurückzuführen – fossile Energieträger in der Gebäudewärmeversorgung werden mit hohen CO₂- und Energiesteuern belastet –, die seit vielen Jahren dafür genutzt wird, erwünschten Technologien und Energieträgern den Markteintritt zu erleichtern und deren Markthochlauf zu unterstützen. Jüngstes Beispiel dafür sind Anpassungen bei der Besteuerung von Strom, welche die Verbreitung von Wärmepumpen in der Fernwärme und dezentral in Gebäuden unterstützen.
- Andererseits ist die Wärmeplanung seit Jahrzehnten ein erfolgreiches und wichtiges Instrument, um den Wärmebereich strategisch zu entwickeln: sie bietet Investitions- und Planungssicherheit für alle beteiligten Akteurinnen und Akteure. Die Wärmeplanung ist als rollierender Prozess gestaltet, so dass auf sich verändernde Rahmenbedingungen reagiert werden kann.
- Im Ordnungsrecht wirkt die grundsätzliche Festlegung, dass Gebäude mit erneuerbaren Energien beheizt werden müssen, wie ein faktisches Verbot des Einbaus von Öl- und Gaskesseln,

sowohl in neuen als auch in Bestandsgebäuden. Es gelten zudem sehr hohe Mindestanforderungen an die Energieeffizienz für Neubauten und Sanierungen. Förderprogramme für Sanierungen adressieren gezielt Tiefensanierungen und die ineffizientesten Gebäude.

Frankreich

In Frankreich zeichnen sich in der Wärmeversorgungsstruktur und im Verbrauch bislang nur geringe Entwicklungen ab. Strom ist mit über einem Drittel des Energiebedarfs in Wohngebäuden und über der Hälfte in Nichtwohngebäuden des Sektors Gewerbe-Handel-Dienstleistungen (GHD) der wichtigste Energieträger in der Wärmeversorgung, gefolgt von Erdgas. Erneuerbare Energien kommen vor allem in Wohngebäuden in Form von Biomasse zum Einsatz. Der Anteil von Heizöl liegt in Wohn- und Nichtwohngebäuden noch oberhalb von zehn Prozent. Wärmenetze spielen bislang nur eine marginale Rolle, konnten aber seit 2009 relativ hohe Wachstumsraten erreichen und gleichzeitig ihren Anteil von erneuerbaren Energien und Abwärme an der erzeugten Wärme erheblich steigern. Eine Besonderheit Frankreichs ist, dass die Stromerzeugung zu zwei Dritteln auf Atomenergie beruht.

In der für die Wärmewende relevanten Gesetzgebung gab es in Frankreich in den letzten Jahren eine deutliche Dynamik. So wurden Mindesteffizienzanforderungen an Wohngebäude im Bestand eingeführt – das Ambitionsniveau der Verpflichtung ist jedoch mit Blick auf den Zielerreichungspfad als nicht ausreichend einzustufen. Außerdem hat Frankreich ein interessantes System für Nichtwohngebäude entwickelt, die anspruchsvolle individuelle Einsparpflichten erreichen müssen; hier fehlen allerdings noch Erfahrungswerte, welche Früchte das weitgehend partnerschaftlich angelegte Verfahren mit „Name&Shame“-Ansatz bei Verfehlungen letztendlich trägt. Im Neubau leitet Frankreich ab 2022 schrittweise den Ausstieg aus fossil befeuerten Heizungen ein und betritt mit den Anforderungen an die Klimarelevanz der Gebäudehülle auch regulatorisches Neuland. Gleichzeitig jedoch wurden zentrale Instrumente der Wärmewende ausgebremst. So ist die ursprünglich ambitionierte CO₂-Bepreisung inzwischen dauerhaft auf dem Niveau von 2018 eingefroren. Auch eine schon öffentlich konsultierte Verordnung zum Ausstieg aus mit Öl und Kohle befeuerten Kesseln im Gebäudebestand wurde letztendlich nicht zur Verabschiedung gebracht. Insofern zeigt sich insgesamt ein gemischtes Bild der französischen Wärmewende, mit einer zwischen Ambition und Verharren wechselnden Gemengelage.

Niederlande

Die Niederlande stehen noch am Anfang der Wärmewende: Die Wärmeversorgung ist derzeit von einem hohen Anteil an Erdgas geprägt, und der Anteil an erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung ist mit unter 10 % einer der niedrigsten in der EU.

Die Niederlande haben im Jahr 2019 – auch im Zusammenhang mit dem Ausstieg aus der nationalen Erdgasförderung aufgrund von Erdbeben in Groningen – eine ambitionierte Strategie zum Ausstieg aus dem Heizen mit Erdgas erstellt. Ein Kernelement der Strategie ist der Quartiersansatz, nach dem auf Basis einer kommunalen Wärmeplanung die schrittweise Dekarbonisierung einzelner Quartiere erfolgen soll. Für die Auswahl der Quartiere sowie der möglichen Dekarbonisierungsstrategien wurden auf nationaler Ebene umfassende Daten- und Informationsgrundlagen erarbeitet und den Kommunen zur Verfügung gestellt. Im Rahmen des Quartiersansatzes wurde auch eine Strategie für die Nutzung und Allokation von Biomasse zur Beheizung von Gebäuden erstellt, deren Grundlage die erwarteten verfügbaren Potenziale sowie die Vermeidungskosten in den jeweiligen Quartieren bilden.

Im Hinblick auf Energieeffizienzverbesserungen des Gebäudebestands interessant sind die Mindesteffizienzstandards für Bestandsgebäude, die in den Niederlanden für Bürogebäude ab 2023 gelten und bereits im Vorfeld eine starke Wirkung gezeigt haben.

Industrielle Prozesswärme

Für die Industrie zeigt die übergreifende Analyse bislang nur wenig umgesetzte Instrumente, die auf eine echte Transformation hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung einwirken.

CO₂-Bepreisungen existieren in allen betrachteten Ländern. Aus Sorge vor Carbon Leakage profitiert die Industrie allerdings sehr stark von Ausnahmen und Preiserleichterungen. Insgesamt liegen die aktuellen CO₂-Preise sowie ihre Preispfade bis 2030 noch deutlich unterhalb des Preisniveaus, das für eine ausreichende Lenkungswirkung notwendig wäre.

Energieaudits und Energiemanagementsysteme sind ebenfalls weit verbreitet. Unternehmen, vor allem kleine und mittlere Unternehmen (KMU), welche freiwillig an einem Energieaudit teilnehmen, können vom Staat unterstützt werden. Teilweise wird die Umsetzung von kosteneffizienten Maßnahmen im Anschluss an das Audit vorgeschrieben. In einigen Ländern besteht auch eine Verpflichtung zur Erstellung von Energieeinsparplänen (Schweden und Niederlande). Darauf aufbauend ist die Umsetzung von kostengünstigen Energiesparmaßnahmen vorgesehen (Niederlande). Frankreich plant die Koordinierung von Abwärme in hochindustriellen Gebieten, bisher allerdings ohne eine Informationspflicht zu erwähnen. Freiwillige Abkommen umfassen z.B. die Durchführung von Energieaudits und Aufstellung von Energieeffizienzplänen, teilweise gekoppelt mit der Möglichkeit von Subventionen oder dem Wegfall von weiteren Anforderungen.

Subventionsprogramme legen ihren Fokus größtenteils auf Energieeffizienzmaßnahmen. Eine Ausnahme bildet das Programm SDE+/SDE++ der Niederlande, das am stärksten auf Energieträgerwechsel hinwirkt, sodass hier am ehesten eine Transformation erzielt werden kann.

2 Einführung

Während im Stromsektor im Rahmen der Energiewende in den vergangenen Jahren substantielle Erfolge erzielt wurden, besteht im Bereich Wärme – dem verbrauchsseitig bedeutendsten Sektor in Deutschland – dringender Handlungsbedarf. Erfahrungen aus dem europäischen Ausland können Diskussionsimpulse für die Wärmewende in Deutschland geben und neue Lösungswege aufzeigen. Im Rahmen des Projekts „Wärmewende: Die Energiewende im Wärmebereich – Zielbild und Instrumente zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung“ im Auftrag der BfEE wurden vor diesem Hintergrund insgesamt fünf Länder näher analysiert. Untersucht werden dabei die wichtigsten Instrumente zur Förderung erneuerbarer Energien in der Wärmeerzeugung, zur Steigerung der Energieeffizienz, für Energieeinsparungen im Wärmesektor und zur Dekarbonisierung der Versorgungsseite.

Aufgrund der besseren Vergleichbarkeit mit den deutschen Bedingungen wurde die Auswahl auf größere mittel- und nordeuropäische Länder beschränkt. Außerdem sollten die betrachteten Länder eine Bandbreite unterschiedlicher Ansätze und Entwicklungsstände der Dekarbonisierung reflektieren. Untersucht wurden **Dänemark, Finnland, Frankreich, Schweden** und die **Niederlande**. Für jedes der genannten Länder wird in einem eigenen Kapitel zunächst der Wärmemarkt für die Gebäudewärmeversorgung in einem Kurzüberblick dargestellt, gefolgt von Rahmenbedingungen, die für einen Vergleich mit Deutschland relevant sind. Dann werden die wesentlichen Instrumente der Wärmewende dargestellt. Strukturell orientiert sich diese Auswertung für die Gebäudewärmeversorgung an folgenden Themenfeldern:

- CO₂-Bepreisung
- Mindesteffizienzanforderungen (Minimal Energy Performance Standards - MEPS)
- Beschleunigung des Umstiegs auf erneuerbare Energien in der dezentralen Gebäudewärmeversorgung und Phase-Out fossiler Energieträger
- Instrumente zur gezielten Dekarbonisierung und zum Ausbau von Wärmenetzen
- Planungsinstrumente für die Entwicklung der Infrastruktur, insbesondere auf kommunaler Ebene

Die Instrumente werden für jedes der genannten Länder in ihren wesentlichen Eckpunkten dargestellt und ihre Wirkungen auf den Wärmemarkt betrachtet. Schließlich werden „Lessons learned“ und die Übertragbarkeit der Instrumente auf Deutschland skizziert und diskutiert.

Erfahrungen aus dem Bereich der **industriellen Prozesswärme** werden in einem länderübergreifenden Kapitel anhand von Politikinstrumenten aus den Kategorien

- CO₂-Bepreisung
- Energieaudits und Energiemanagementsysteme
- Subventionsprogramme
- Verpflichtungen/ Regulatorischer Rahmen
- Informationen und Netzwerke
- Forschung und Entwicklung
- Freiwillige Abkommen

analysiert.

3 Schweden

Autor:innen: Helena Stange, Yannik Beermann, Mandy Werle, Uta Weiß (ifeu)

3.1 Kurzübersicht Wärmemarkt Schweden

Schweden hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2045 klimaneutral zu werden (Ministry of Infrastructure 2020). Stand 2021 liegen die schwedischen CO₂-Emissionen bereits 28 % unter dem Niveau von 1990 (SCB 2020). Besonders stark ist der Rückgang der CO₂-Emissionen in der Wärmeversorgung, die Wärmewende ist in Schweden bereits nahezu abgeschlossen.

Der Wärmemarkt in Schweden ist einerseits geprägt durch die weit verbreitete Fernwärme, die in der Versorgung der Mehrfamilienhäuser und Nichtwohngebäude dominiert. Die früher stark fossil geprägte Erzeugung der Fernwärme wurde über einen Zeitraum von etwa 25 Jahren seit Ende der 1980er Jahre nahezu komplett dekarbonisiert – heute trägt Biomasse fast zwei Drittel der Wärmeerzeugung, hinzu kommen Müllverbrennung, Umwelt- und Abwärmenutzung (siehe Abschnitt zu Wärmenetzen).

Die dezentrale Wärmeversorgung dominiert bei den Ein- und Zweifamilienhäusern. Hier waren direktelektrische und Biomasse-Heizungen schon lange verbreitet, fossile Ölheizungen hatten aber bis Ende der 1990er Jahre noch einen großen Anteil von etwa 40 %. Seitdem konnte – vor allem durch vermehrten Einsatz von Wärmepumpen, aber auch mehr Anschlüsse an die Fernwärme – in weniger als 15 Jahren eine nahezu vollständige Dekarbonisierung erreicht werden (siehe Abschnitt zu dezentralen Gebäudeversorgung).

Gelenkt wurde diese Entwicklung in Schweden vor allem über eine Kombination aus hohen Abgaben – wie die CO₂-Steuer – auf fossile Brennstoffe, einen Zertifikatehandel für erneuerbare Energien in der Stromerzeugung, der Biomasse-KWK begünstigte, und niedrige Strompreise (siehe Abschnitte zum CO₂-Preis, dezentrale Gebäudeversorgung und Wärmenetzen). Relevant war zudem die große Verfügbarkeit von Biomasse.

Eine Besonderheit des schwedischen Wärmemarktes ist die dort übliche Warmmiete, bei der die Vermieter:innen für die Heizkosten aufkommen (siehe Abschnitt zum Warmmietenkonzept).

Entwicklung der CO₂-Emissionen:

- Dezentrale Wärmeversorgung: Die CO₂-Emissionen wurden im Vergleich zu 1990 um 91 % reduziert (SCB 2020). 2019 betragen die Emissionen in diesem Sektor 0,8 Mio. t CO₂-Äquivalente, was einem Anteil von 1,5 % der Gesamt-CO₂-Emissionen¹ Schwedens entspricht (ebd).
- Zentrale Wärmeversorgung: Die CO₂-Emissionen der Fernwärmeversorgung sind insbesondere während des Rückgangs der Nutzung von Öl und Kohle als Energieträger seit den 1980er Jahren deutlich gefallen (Werner 2017).
- Stromerzeugung: Die Stromerzeugung ist bereits frühzeitig dekarbonisiert worden und speist sich Stand heute vor allem aus Kernenergie und Wasserkraft zu jeweils ca. 40 % (IEA 2019)

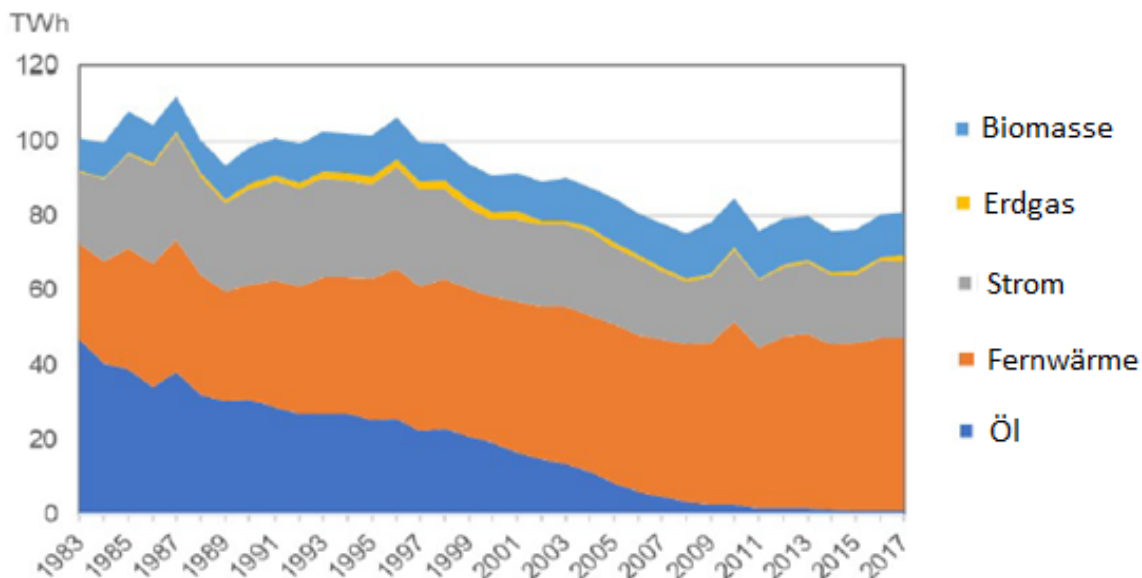
¹ Bezugsgröße Emissionen Schweden ohne LULUCFC und ohne internationalen Transport

b). Der Emissionswert von 12 g CO₂/kWh ist vor allem mit Blick auf die vielfach verbauten Wärmepumpen ein wichtiger Faktor für die Dekarbonisierung (EEA 2021). Bis 2040 soll die Stromerzeugung komplett erneuerbar sein (Ministry of Infrastructure 2020).

Eingesetzte Technologien und Energieträger:

- Den dominierenden Anteil der Wärmeversorgung trägt die Fernwärme (siehe Abbildung 1), hierbei ist der Einsatz von Biomasse in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen der Standard. Biomasse findet dabei auch Anwendung in der dezentralen Energieversorgung.
- Wärmepumpen sind das zweite technologische Standbein der schwedischen Wärmewende, insbesondere in der dezentralen Wärmeversorgung. Fossile Brennstoffe spielen in der dezentralen Wärmeversorgung schon seit rund zehn Jahren kaum noch eine Rolle.

Abbildung 1: Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser in Häusern, Mehrfamilienhäusern und Nichtwohngebäuden in Schweden nach Energieträgern



Quelle: LTRS (2019), eigene Übersetzung

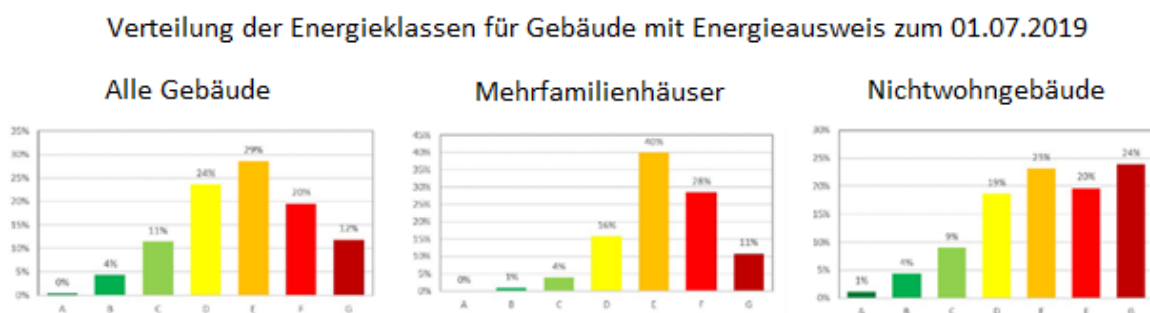
Effizienz des Gebäudebestands:

- Insgesamt umfasst der Gebäudebestand in Schweden rund 5 Millionen Wohnungen, hiervon sind rund 2,6 Millionen in Mehrfamilienhäusern (SCB 2021). Ein großer Teil der Gebäude stammt dabei aus Wohnungsbauprogrammen der 1960er und 1970er Jahre und ist sanierungsbedürftig (LTRS 2019).
- Besonders hoch ist der Sanierungsbedarf bei Mehrfamilienhäusern. Auf Basis der ausgestellten Energieausweise zeigt sich, dass rund 80 % dieser Gebäude in den schlechtesten Effizienzklassen E bis G eingestuft sind (siehe Abbildung 2) (LTRS 2019). Die Effizienzklassen beziehen sich dabei auf den – mit je nach Gebäudetyp zwischen 70kWh/m² und 100kWh/m²

im Vergleich zu Deutschland nicht sonderlich ambitionierten – Neubaustandard, der in etwa Klasse C entspricht.

- Ebenfalls hoch ist der energetische Sanierungsbedarf bei Nichtwohngebäuden. Bei diesem Gebäudetyp liegen gut 65 % der Gebäude in den Effizienzklassen E bis G, wobei der Anteil an Gebäuden mit der Effizienzklasse G mit knapp einem Viertel der Gebäude besonders hoch ist (siehe Abbildung 2) (LTRS 2019).
- Auch bei Ein- und Zweifamilienhäusern befinden sich über 60 % der Gebäude in den unteren Klassen E bis G (LTRS 2019), jedoch nur 12 % in der schlechtesten Klasse G (siehe Abbildung 2). Zum Vergleich: auf einer Skala von A+ bis H werden in Deutschland 40 % der Ein- und Zweifamilienhäuser in die Klassen G und H eingestuft und 68 % in die Klassen E bis H (BMW 2020).
- Der durchschnittliche Energieverbrauch für Heizen sowie die Warmwassererzeugung ist in Schweden seit 1995 je nach Gebäudetyp mit abnehmendem Trend um 21-33 % zurückgegangen (LTRS 2019). Der durchschnittliche Endenergieverbrauch für Heizung und Warmwasser liegt Stand 2016 für Häuser bei 106 kWh/m², für Mehrfamilienhäuser bei 136 kWh/m² und für Nichtwohngebäude bei 124 kWh/m² (ebd.).

Abbildung 2: Energieeffizienzklassen der unterschiedlichen Gebäudekategorien in Schweden



Grundlage: Energieausweise
Quelle: LTRS (2019). Eigene Übersetzung

3.2 Rahmenbedingungen

Mit Blick auf die (Teil-)Übertragbarkeit von Wärmeinstrumenten in Schweden auf Deutschland sind einige Punkte relevant, die berücksichtigt werden müssen:

- **Waldreichtum:** Die schwedischen Wälder verfügen über ein hohes Potenzial an Biomasse, das bereits heute umfangreich für die schwedische Energieversorgung genutzt wird (IRENA 2019).
- **Einwohnerzahl und Bevölkerungsdichte:** Schweden hat mit etwa 10 Mio. Einwohner:innen nur etwa ein Zehntel der deutschen Einwohnerzahl. Das gleiche Verhältnis setzt sich bei der Bevölkerungsdichte fort.
- **Hoher Anteil von Eigenheimen:** In Schweden ist der Besitz des Hauses oder der Wohnung deutlich weiter verbreitet als in Deutschland. Knapp 40 % der Haushalte besitzen ihr Eigenheim, ca. 21 % der Haushalte besitzen ihre Wohnungen selbst (Statista 2021). Nur knapp 30 % der Haushalte in Schweden leben zur Miete, zum überwiegenden Teil in Mehrfamilienhäusern (ebd.).

- **Warmmieten üblich:** In Schweden zahlen Mieter:innen in der Regel eine Pauschalmitiete für die Wohnung, die Heiz- und Warmwasserkosten einschließt (Agora Energiewende und Universität Kassel 2021). Das schwedische Warmmietenkonzept trägt, gekoppelt mit der Mietendeckelung und dem CO₂-Preis auf fossile Heizstoffe, zu einem erheblichen Teil zur Lösung des in Deutschland als sog. Vermieter:innen-Mieter:innen-Dilemma bezeichneten Problems bei, da der finanzielle Anreiz zur Gebäudesanierung bei den Vermietenden liegt (ebd.).
- **Begrenztes Gasnetz:** Das Gasnetz ist klein, nur in einem Teil der Westküste vorhanden (Lopes et al. 2019), und somit waren Gasthermen nur bedingt eine konkurrierende Heiztechnologie.
- **Frühe Strategie zum Ausstieg aus fossilen Energieträgern:** In Folge der Ölkrisen wurden in Schweden, mit Blick auf die nationale Versorgungssicherheit, Strategien entworfen, um von importierten fossilen Energieträgern unabhängig zu werden (IRENA 2019). Zu diesen Strategien gehörte die frühe Förderung von Wind und Biomasse (ebd.). Auch wurde schon in den 1970ern die Entwicklung von Wärmepumpen gefördert (Lopes et al. 2019). Im Ergebnis war die Dekarbonisierung des schwedischen Energiemixes bereits in den 1990er Jahren weit vorgeschritten.

3.3 Wärmewende in Schweden – Instrumentenüberblick

Im Folgenden wird ein Überblick über die wesentlichen Wärmeinstrumente in Schweden gegeben.

CO₂-Bepreisung

Schweden hat im Jahr 1991 eine CO₂-Steuer eingeführt und gehört damit, neben Finnland, zu den ersten Ländern, die diese Steuerart überhaupt eingeführt haben (Jonsson et al. 2020). Diese Vorreiterrolle verlagert sich heute auf die Höhe der CO₂-Steuer, der Steuersatz beträgt Stand 2021 1.200 SEK/t CO₂ (118,23 EUR/t CO₂)² und ist damit das höchste CO₂ Preissignal weltweit (World Bank 2021). Die CO₂-Steuer deckt dabei aufgrund diverser Ausnahmen ca. 40 % der schwedischen CO₂-Emissionen ab; nicht betroffene Emissionen sind dabei teilweise durch den europäischen Emissionshandel bepreist (Jonsson et al. 2020). Der Schwerpunkt der Steuer liegt bei Heizenergieträgern sowie Treibstoffen (ebd.).

Die Anwendung der Steuer wurde zuletzt 2019 verschärft. Anlagen, die Kraft-Wärme-Kopplung betreiben, mussten bis 2019 nur 11 % des CO₂-Steuersatzes zahlen, nun steigt dieser Satz auf 91 %, zusätzlich zur Belastung durch den Emissionshandel (World Bank 2021). Gemessen an den Preisen im Emissionshandel 2019 bedeutete dies einen deutlichen Preisanstieg.

Die Steuereinnahmen der schwedischen CO₂-Steuer werden nicht spezifisch verwendet, sondern tragen zum allgemeinen Staatshaushalt bei. In 2020 betragen die Einnahmen umgerechnet rund 1,999 Milliarden EUR³ (World Bank 2021). Die schwedische CO₂-Steuer wurde bei ihrer Einführung von umfangreichen Senkungen der Einkommens- und Unternehmenssteuern begleitet (Jonsson et al. 2020). In den Jahren, in denen die CO₂-Steuer signifikant angestiegen ist (2000-2004), folgten jedoch keine Entlastungen mehr, die eine regressive Verteilungswirkung abschwächen würden (ebd.). Dementsprechend zeigt sich in der ökonomischen Analyse auch, dass die Wirkung der CO₂-Steuer in Schweden zunehmend regressiv ist und somit untere Einkommensgruppen stärker belastet werden als die oberen Einkommensgruppen (Andersson 2021). Dies gilt umso mehr bei höherer Einkommensungleichheit und könnte die weitere

² Durchschnittlicher Referenzkurs der EZB für EUR/SEK 31.12.2020-31.08.2021: 1 EUR = 10,1498 SEK

³ Angaben der World Bank in USD, Referenzkurs der EZB 2020 für EUR/USD: 1 EUR = 1,1422 USD

Akzeptanz der schwedischen CO₂-Steuer schwächen (ebd.). Eine Pro-Kopf-Rückzahlung der CO₂-Steuereinnahmen ist in Schweden allerdings zuletzt im Frühjahr 2021 abgelehnt worden (Riksdagen 2021).

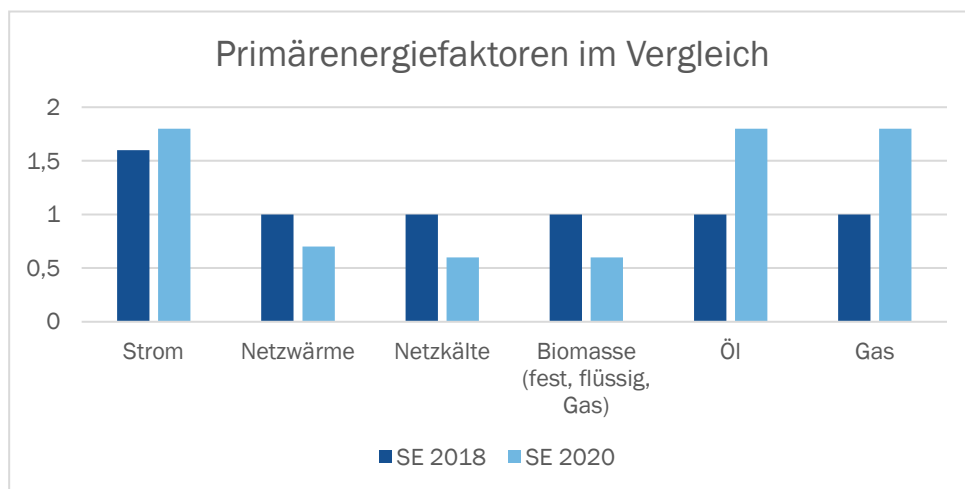
Für die umfassende Dekarbonisierung der schwedischen Wärmeversorgung hat die CO₂-Steuer klare ökonomische Rahmenbedingungen gesetzt und Alternativen zu fossilen Heizstoffen wettbewerbsfähig gemacht. Fossile Heizsysteme sind dementsprechend in privaten Haushalten nahezu vollständig verschwunden. Ersetzt wurden sie insbesondere durch Fernwärmeanschlüsse sowie Wärmepumpen und Pelletkessel (Ministry of Finance 2021). Obwohl die im Vergleich einmalige Höhe der schwedischen CO₂-Steuer aktuell akzeptiert ist, gibt die schwedische CO₂-Steuer bisher kein Beispiel dafür, wie sich die Sozialverträglichkeit sicherstellen lässt.

Mindesteffizienzanforderungen – MEPS

Der schwedische Staat definiert in der Gesetzgebung für den Bau und die Sanierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden, „*Boverkets byggregler*“, je nach Gebäudetyp Mindestenergiestandards für Neubauten und renovierte Bestandsgebäude. Dies betrifft insbesondere den Primärenergiebedarf für Gebäude sowie die Wärmeleitfähigkeit und Luftdichtheit der Fassade (BFS 2018). Eine Besonderheit ist die Vorgabe einer maximal zu installierenden elektrischen Leistung für Heizung und Warmwasser (ebd.). Vor dem Hintergrund der Größe des Landes und den sehr unterschiedlichen Temperaturregionen gibt es geographische Korrekturfaktoren, die insbesondere im Norden des Landes die Erfüllung der Standards erleichtern (ebd.). Maximalgrenzen für den Primärenergiebedarf liegen je nach Gebäudetyp zwischen 70 kWh/m² und 100 kWh/m² und führen überwiegend zum Erfüllen der schwedischen Energieeffizienzklasse C (Boverket 2021).

Die Primärenergiefaktoren sind in Schweden zwischen 2018 und 2020 so angepasst worden, dass die Lenkungswirkung hin zu Wärmepumpen, einem Anschluss an Nahwärme- und Nahkältenetze, sowie der Nutzung von Holz als Energieträger verstärkt wird (BFS 2018, BFS 2020). Die Mindesteffizienzanforderungen sind mit fossilen Energieträgern nun deutlich schwerer zu erreichen (siehe Abbildung 3).

Abbildung 3: Primärenergiefaktoren der schwedischen Bauvorschriften 2018 und 2020



Quelle: Eigene Grafik basierend auf BFS (2018), BFS (2020)

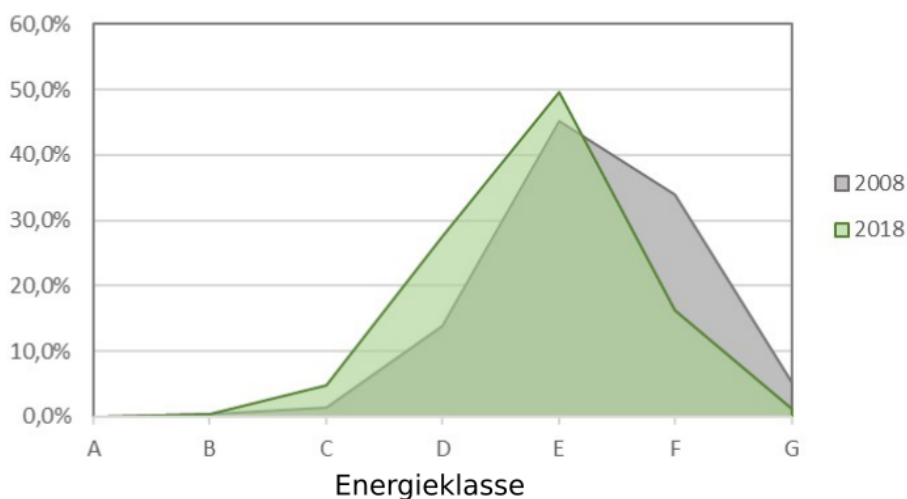
Die aktuellen schwedischen MEPS sind zugleich die Anforderungen an ein schwedisches *near-zero energy building* (nZEB) (Infrastrukturdepartementet 2020). Seit Anfang 2021 müssen nach der aktuellen EU-Gebäuderichtlinie (EU Energy Performance of Buildings Directive 2010/31/EU, EPBD) alle neuen Gebäude nZEBs sein. In ihren Empfehlungen zur Richtlinie gibt die EU aber auch regionale Benchmarks aus für den Energieverbrauch der Gebäude (BPIE 2021.). 50-90 kWh/m² soll beispielsweise ein Einfamilienhaus maximal verbrauchen, hier befinden sich die schwedischen Standards im hinteren Mittelfeld im europäischen Vergleich (ebd.). Für Bürogebäude sind die schwedischen Standards mit 70 kWh/m² wiederum ambitionierter als der europäische Benchmark von 80-100 kWh/m² und im vorderen Mittelfeld im europäischen Vergleich (ebd., BFS 2020).

Bei Gebäudesanierungen werden in „Boverkets Byggregler“ die gleichen Primärenergiebedarfe ausgewiesen wie für Neubauten (BFS 2018). Bei den Dämmwerten für einzelne Gebäudeteile werden dabei U-Werte angelegt, die vergleichbar oder besser sind als die Werte des deutschen KfW 55 Standards, so z.B. 0,13 W/m²K für Dächer sowie 0,18 W/m²K für Außenwände (ebd., KfW 2020). Allerdings hängt die Anwendbarkeit der MEPS bei Bestandssanierungen von einer Vielzahl von Rahmenbedingungen ab (BFS 2018, CA-EPBD 2016). In der Bauordnung wird das vor allem mit der möglichen Beeinträchtigung des kulturellen Wertes des Gebäudes sowie der Rücksicht auf die Luftqualität im Gebäude begründet (BFS 2018). Die für die Luftqualität wichtigen Lüftungssysteme im Gebäudebestand unterliegen der Pflicht zur regelmäßigen technischen Inspektion (Boverket 2021b). Überwacht wird die Inspektionspflicht auf kommunaler Ebene (ebd.). Für Heizungssysteme, die Gas und Öl verfeuern, gibt es in Schweden keine Inspektionspflichten, stattdessen werden die wenigen verbliebenen Besitzer:innen solcher Heizungssysteme durch Informationskampagnen über Energieeffizienz aufgeklärt (CA EPBD 2016).

In Schweden müssen in regelmäßigen Abständen Gebäudeenergieausweise ausgestellt werden, die außerdem in einer Datenbank erfasst werden (Infrastrukturdepartementet 2020). Durch den Teil des Gebäudebestandes, für den bereits zwei Energieeffizienzausweise vorliegen, lässt sich

die Entwicklung des Gebäudebestandes abschätzen. Bestandsgebäude verbessern ihre Energieeffizienz durch Sanierungen bisher tendenziell nur um eine bis zwei Energieeffizienzklassen; dadurch erfüllen auch nur wenige Bestandsgebäude die MEPS in Schweden nach ihrer Sanierung (Infrastrukturdepartementet 2020). In Abbildung 4 wird dies deutlich, Energieklasse C ist hier mit den MEPS gleichzusetzen (ebd.). Bisher gibt es auch keine Planungen, für Gebäude mit besonders schlechten Energieeffizienzklassen (sog. „worst performing buildings“) weitergehende Verpflichtungen zu Energieeffizienzmaßnahmen zu erlassen. Im Rahmen der Klimastrategie gibt es allerdings Förderprogramme für Energieeffizienzmaßnahmen in Mietwohnungen. In den letzten Jahren waren diese Förderungen explizit auf Wohnungen in Gebieten mit sozioökonomischen Herausforderungen ausgerichtet (Ministry of Infrastructure 2020). Hinzu kommen Steuererleichterungen auf die Handwerkskosten bei Energieeffizienzmaßnahmen (ebd.). Energetische Sanierungen für die Gebäude des „Million Homes Programme“⁴ werden zwar regelmäßig diskutiert und als Potenzial für Energieeffizienz gesehen, allerdings gibt es keine spezifischen Regierungsprogramme, die auf diese große Gebäudegruppe zielen (Lind et al. 2014, Ekström u. Blomsterberg 2016).

Abbildung 4: Entwicklung des Anteils am Gebäudebestand nach Energieklassen.



Quelle: Infrastrukturdepartementet (2020), eigene Übersetzung.

Im Überblick zeigt sich, dass sowohl der Status Quo der MEPS in Schweden, als auch deren (Stand heute) geplante Verschärfungen keinen besonders hohen Ambitionsgrad zeigen. Zwar wurden die MEPS für Neubauten und Bestandsgebäude in Schweden in den vergangenen Jahren kontinuierlich verschärft, im europäischen Vergleich liegen die Standards jedoch eher im Mittelfeld (Copenhageneconomics 2018). Die Energieeffizienzvorgaben der europäischen Union sowie die schwedischen Energieeffizienzziele werden sich mit den bisherigen Standards und Maßnahmen voraussichtlich nicht erfüllen lassen (SEI 2017).

Erneuerbare Energien in der dezentralen Gebäudeversorgung/Phase-Out fossiler Energieträger

⁴ Das „Million Homes Programme“ war ein Programm des schwedischen Staates zum Bau von Wohnungen von Mitte der 1960er bis Mitte der 1970er Jahre. Gebaut wurden ca. eine Million neue Wohnungen.

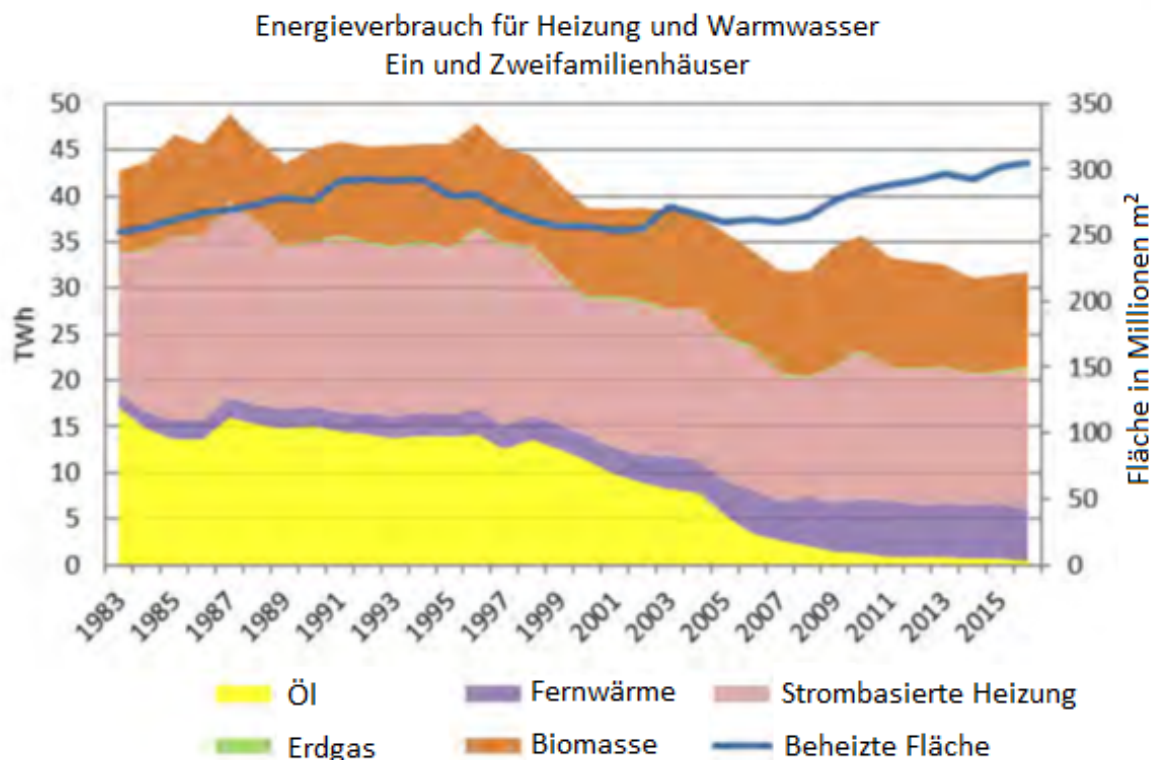
Die dezentrale Wärmeversorgung betrifft in Schweden vor allem Ein- und Zweifamilienhäuser (EZFH), die zu über 80 % dezentral versorgt werden, während Mehrfamilienhäuser zu 90 % und Nichtwohngebäude zu 74 % an die Fernwärme angeschlossen sind (LTRS 2019).

Ein wichtiger Pfeiler der Wärmeversorgung in EZFH sind Biomasseheizungen, die Stammholz (9 TWh) oder Pellets (4 TWh) nutzen (IRENA 2019). Zwei Faktoren haben dabei Biomasseheizungen wettbewerbsfähig gemacht: Die überdurchschnittlich hohe Verfügbarkeit von Holz und die professionalisierte Holzgewinnung führen in Schweden zu Pelletpreisen, die bereits mit Heizöl konkurrieren können (IRENA 2019). Die CO₂-Steuer wiederum verteuert Heizöl so stark, dass sich die Investitionen für eine Biomasseheizungen rentieren und ein deutlicher Anreiz zum Umstieg gesetzt wird (ebd.). Zu Beginn des Jahrtausends wurden Biomassekessel teilweise mit Solarkollektoren kombiniert, um Ein- und Mehrfamilienhäuser zu beheizen (SHC 2021). Mit dem Ende der Förderung von Solarkollektoren im Jahre 2011 ist diese Praxis allerdings zum Erliegen gekommen (ebd.).

Stattdessen kommt es in Schweden in den letzten Jahren zu einem zunehmenden Ausbau der Photovoltaik. Die installierte Kapazität stieg von 153 MW in 2016 auf 1.417 MW in 2020 (IRENA 2021). Dabei sind viele dieser Anlagen kleiner als 20 kW. Bisher liegt der Anteil der Photovoltaik am schwedischen Stromverbrauch allerdings noch unter 1 % (Energymindygheten 2019). Der zunehmende Ausbau dezentraler Photovoltaikanlagen trifft dabei in Schweden auf einen Gebäude-sektor, in dem das dezentrale Heizen mit Strom weit verbreitet ist.

Der Ausstieg aus fossilen Energieträgern ist in Schweden bei EZFH seit etwa 2010 nahezu abgeschlossen (Lopes et al. 2019, siehe Abbildung 5).

Abbildung 5: Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser in schwedischen Ein- und Zweifamilienhäusern und beheizte Fläche



Quelle: Lopes et al. (2019), Swedish Energy Agency. Eigene Übersetzung.

Während das Heizen mit Öl seit Ende der 1990er Jahre stark abnahm, hat die Versorgung mit Fernwärme für EZFH deutlich zugenommen, spielt aber weiterhin nur eine untergeordnete Rolle. Die hohen Steuern auf Öl und die niedrigen Strompreise führten dazu, dass alte Ölheizungen nicht durch Ölheizungen ersetzt wurden, und teilweise sogar früher ausgetauscht wurden (Lopes et al. 2019). Wo keine Fernwärme verfügbar war – der Regelfall in Wohngebieten mit EZFH – wurden Ölheizungen hauptsächlich durch Wärmepumpen ersetzt (Lopes et al. 2019).

Der Absatz von Wärmepumpen ist seit Ende der 1990er Jahre sehr schnell gestiegen (Lopes et al. 2019). Trotz des Anstiegs der elektrisch beheizten Fläche konnte der Stromverbrauch für Raumwärme konstant gehalten werden, da Wärmepumpen auch direktelektrische Heizungen ersetzten (Lopes et al. 2019).

Die wichtigste Wärmepumpentechnologie in EZFH mit – wie in Deutschland üblicher – wasserbasierter Zentralheizung sind dabei Erdwärmepumpen, die 23 % aller Häuser versorgen (ebd.). Daneben spielen auch Luft-Wasserwärmepumpen (14 % der Häuser) eine wichtige Rolle (ebd.). Auch Luft-Luft-Wärmepumpen sind sehr üblich, sie kommen in Häusern ohne wassergeführte Heizung zum Einsatz (ebd.).

Insgesamt sind heute in Schweden ca. zwei Millionen Wärmepumpen in Betrieb, was einer der höchsten Installationsraten Europas entspricht (Stats ehpa 2021). Neben dem niedrigen Strompreis – Schwedische Haushaltsstrompreise lagen 2020 mit rund 17 Cent/kWh im europäischen Mittelfeld (eurostat 2021) – dies ist deutlich weniger als die deutschen Heizstrompreise für Wärmepumpen in Höhe von durchschnittlich knapp 24 Cent/kWh (Bundesnetzagentur und Bundeskartellamt 2021) – und im Vergleich zu Öl geringeren Besteuerung (Lopes et al. 2019), haben weitere Gründe zum Markterfolg der Wärmepumpen in Schweden beigetragen: Die schwedische Regierung hat über mehrere Jahrzehnte durch Forschungsinvestitionen und Subventionen ein klares Marktumfeld vorgegeben, in dem sich der Ausbau von Wärmepumpen gut entwickeln konnte und die Effizienz von Wärmepumpen kontinuierlich zugenommen hat (Kiss et al. 2012, Savvidou u. Nykvist 2020), wie eine durch den Vorläufer der schwedischen Energieagentur Anfang der 1990er Jahre initiierte Gruppenbeschaffung mit Effizienzwettbewerb für Erdwärmepumpen (Lopes et al. 2019).

Um die Jahrtausendwende gab es eine Steuervergünstigung von 3.000 € für den Austausch einer Ölheizung hin zu einer Wärmepumpe, Fernwärme oder Biomasse. Nach diesen Anfangsjahren haben Subventionen nur einen begrenzten Einfluss auf den Erfolg der Wärmepumpen in Schweden gehabt (Lopes et al. 2019). Heute profitieren alle dezentralen Heizungssysteme in Schweden von Steuerabzügen auf die Lohnkosten der Installation in Höhe von 24-35 %, limitiert auf 50.000 SEK – umgerechnet⁵ 4926 € - pro Jahr (Skatteverket 2021). Hierin inbegriffen sind auch Öl- und Gaskessel, die mit 24 % die geringste Förderung bekommen (ebd.).

Wärmenetze

Die Rolle der Fernwärme in der schwedischen Wärmeversorgung ist seit Jahrzehnten kontinuierlich gewachsen (siehe Abbildung 1). Der Anteil der Heizwärme und des Warmwasserbedarfs, der durch Fernwärme bereitgestellt wird, beträgt aktuell 17 % in Häusern, 90 % in Mehrfamilienhäusern und 74 % in Nichtwohngebäuden (LTRS 2019).

Viele dieser Mehrfamilienhäuser wurden im Zuge des Million Homes Programm zwischen 1965 und 1974 errichtet und direkt an das Wärmenetz angeschlossen (Werner 2017). Unter dem Eindruck der Ölkrise wurden auch staatliche Austauschprogramme für Ölkessel aufgelegt, die zu einem weiteren Ausbau der Wärmenetze führten (ebd.). Trotz dieser sehr langen und dynamischen Entwicklung wurde eine dezidierte Fernwärmepolitik mit einem Fernwärmegesetz⁶ erst 2008 beschlossen (ebd.). Etwa 60 % der Fernwärme wird durch Unternehmen in kommunalem Eigentum vertrieben, und der verbleibende Marktanteil liegt hauptsächlich bei drei großen Energiekonzernen – E.ON, Vattenfall und Fortum (Ericsson und Werner 2016).

Bis Mitte der 1980er Jahre war die Fernwärmeerzeugung noch stark durch fossile Brennstoffe geprägt (siehe Abbildung 6). Seitdem ist ihr Anteil auf nur noch wenige Prozent zurückgegangen. Seit den 1990er Jahren bis etwa 2015 ist hingegen der Anteil biomassebasierter Fernwärme stark gestiegen (siehe Abbildung 6). Heute hat Biomasse einen Anteil von 63 % an der Fernwärmeerzeugung (Swedish Energy Agency 2021). Der hohe Anteil von Biomasse wird durch die im großen Maßstab anfallenden Abfälle der Holzindustrie in Schweden begünstigt (Werner 2017). Zu Beginn der Nutzung von Biomasse für die Fernwärme in den 1980er Jahren spielte Investitionsförderung noch eine gewisse Rolle, der starke Anstieg seit Beginn der 1990er Jahre ist aber hauptsächlich auf die damals eingeführte CO₂-Steuer zurückzuführen, welche Biomasse

⁵ Durchschnittlicher Referenzkurs der EZB für EUR/SEK 31.12.2020-31.08.2021: 1 EUR = 10,1498 SEK

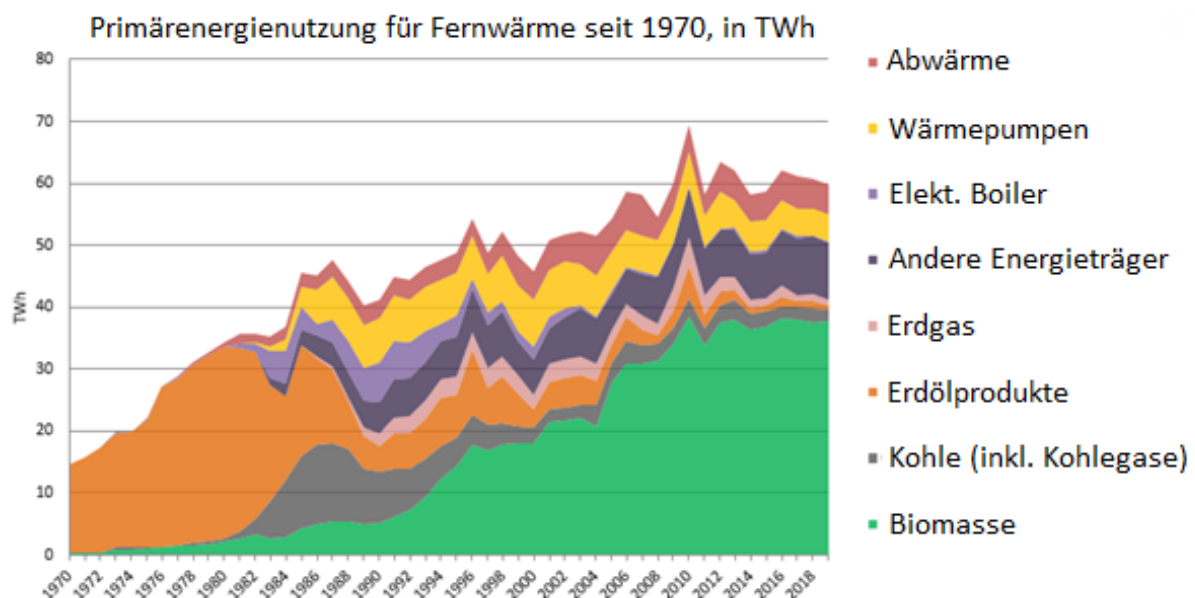
⁶ Das Gesetz war Ergebnis eines Prozesses mit einer Kommission zur Untersuchung verschiedener Aspekte, u.a. auch Drittzugang und Preisregulierung. Letztendlich wurden im Gesetz vor allem Transparenzfragen geregelt (Werner 2017).

zur günstigsten Option der Wärmeerzeugung machte (Ericsson und Werner 2016). Ab 2003 hat das System der handelbaren Zertifikate zur Steigerung der erneuerbaren Energien in der Elektrizitätsproduktion (Tradable Renewable Electricity Certificates - TRECs)⁷ zu weiteren Investitionen in KWK-Kraftwerke mit Biomasse geführt (Ericsson und Werner 2016). Des Weiteren wurden Biomassekraftwerke für die Kraft-Wärme-Kopplung gezielt gefördert (Werner 2017).

Trotz der hohen lokalen Verfügbarkeit von Biomasse tragen auch Importe in einem relevanten Ausmaß zur Versorgung bei (Ericsson und Werner 2016). Bei steigender internationaler Nachfrage nach Biomasse könnte der Druck auf die schwedische Fernwärmeversorgung steigen, in andere Wärmeerzeugungsarten zu investieren (Ericsson und Werner 2016).

Weitere relevante Energiequellen für die Fernwärmeerzeugung sind zudem Abfallverbrennung – üblicherweise in KWK-Anlagen (Werner 2017) –, Abwärme und mit Wärmepumpen erschlossene Umweltwärme (Swedish Energy Agency 2021, Werner 2017). Während die Wärmeerzeugung durch Abfallverbrennung in den letzten zwei Jahrzehnten deutlich zugenommen hat (Werner 2017), ist die industrielle Abwärmenutzung eher stabil geblieben (Werner 2017). Die Nutzung von überschüssiger elektrischer Energie aus Atomkraftwerken mit Wärmepumpen oder direktelektrischen Kesseln lieferte 1990 im historischen Maximum 35 % der Fernwärme (Werner 2017). Mit steigendem gesamtgesellschaftlichem Strombedarf ging dieser Anteil zurück, ein großer Anteil der Wärmepumpen ist jedoch weiterhin in Betrieb (Werner 2017).

Abbildung 6: Zur Erzeugung von Fernwärme in Schweden genutzte Energieträger (in TWh)



Quelle: Swedish Energy Agency (2021), eigene Übersetzung.

⁷ <https://www.energimyndigheten.se/en/sustainability/the-electricity-certificate-system/>

Planungsinstrumente

Planungen für Wärmenetze fallen in Schweden in die Zuständigkeit der Kommunen, da diese die Verantwortung für die Raumplanung innehaben (Wretling et al. 2018). Explizit auf Wärmenetze zielt dabei das *Lag om kommunal Energiplanering* von 1977, das Kommunen dazu verpflichtet, sogenannte Energiepläne aufzustellen (Riksdagen 1977). Dabei handelt es sich allerdings um ein Gesetz, das weder klare Zeitvorgaben macht, bis wann Energiepläne zu erstellen sind, noch Überwachung und Sanktionierung bei Nichteinhaltung vorsieht (Wretling et al. 2018). Analysen des Gesetzes kommen dementsprechend auch zu dem Schluss, dass es nicht gelungen ist, Kommunen zu einer Erstellung weitreichender Energiepläne zu bewegen, und dass aus diesen Energieplänen kaum Handlungen resultierten (Lundqvist u. Kasa 2017). So formuliert beispielsweise die Kommune Lund in ihrem Energieplan zwar grundsätzlich das Ziel, Wärmenetze auszubauen, in neue Stadtquartiere direkt zu integrieren und dabei verstärkt Abwärme zu nutzen (Lund 2014). Die im Energieplan ausgewiesenen Maßnahmen sind allerdings bei der Umsetzung dieser Ziele vage (ebd.).

Hinzu kommt, dass die Umsetzungsspielräume der kommunalen Energiepläne insbesondere dadurch begrenzt sind, dass der Durchgriff auf die Energieplanung der Betreiberfirmen der Wärmenetze begrenzt ist. Viele Betreiberfirmen der Wärmenetze sind zwar im Besitz der Kommunen, welche auch eine zentrale Rolle beim Investment in die Netzinfrastruktur spielen (ebd., Westin u. Lagergren 2002), jedoch sind im Zuge der Deregulierung des Strommarktes 1996 auch viele kommunale Energieversorgungsunternehmen verkauft oder in privatrechtliche Formen überführt worden (Lundqvist u. Kasa 2017). Daher verfügen nicht alle Kommunen in Schweden über den nötigen Hebel, die eigenen Energiepläne durchzusetzen (ebd.).

Bioenergy with Carbon Capture and Storage – BECCS

Um das schwedische Klimaziel negativer Treibhausgasemissionen nach 2045 zu erreichen, sind neben einer umfassenden Emissionsminderung ergänzende Maßnahmen erforderlich. Vor diesem Hintergrund hat die schwedische Regierung im Juli 2018 einen Ausschuss eingesetzt, der Grundsätze und Ziele für eine Politik im Bereich der ergänzenden Maßnahmen sowie einen Aktionsplan zu deren Erreichung erarbeiten soll. Im Januar 2020 legte der Ausschuss seinen Abschlussbericht vor (Government of Sweden 2020): Das Potenzial von BECCS bei der Reduzierung der Restemissionen auf Null wird hierin als hoch und die Technologie als kosteneffektiv bewertet. Die größten biogenen Emissionsquellen finden sich in der schwedischen Zellstoff- und Papierindustrie sowie in der Strom- und Fernwärmeerzeugung. Als indikative Ziele werden Maßnahmen mit einer Größenordnung von mindestens 1,8 Mio. t CO₂eq jährlich bis 2030 und 3 bis 10 Mio. t CO₂eq jährlich bis 2045 vorgeschlagen.

Zur Realisierung des BECCS-Potentials wird insbesondere empfohlen, die technologische Entwicklung und Demonstrationsprojekte weiterhin zu fördern und Auftragsauktionen für BECCS-Anwendungen zu etablieren (Government of Sweden 2020).

Im Dezember 2019 hat der schwedische Versorger Stockholm Exergi AB eine erste BECCS-Pilotanlage im Biomasse-Heizkraftwerk Värtan in Stockholm eingeweiht. Insgesamt könnten in dieser Anlage 800.000 t CO₂ jährlich abgeschieden werden (Stockholm Exergi 2019).

Warmmietenkonzept

In Schweden sind statt der Aufteilung der Mieten in eine Kaltmiete und zusätzliche Heizkosten sogenannte "Warmmieten" üblich. Vermieter:innen zahlen dabei grundsätzlich die Kosten für die

Wärmeversorgung der Wohnung, was eine Aufhebung des Vermieter:innen-Mieter:innen-Dilemmas zur Folge hat (Agora Energiewende und Universität Kassel 2021). Die zusätzlichen Kosten einer steigenden CO₂-Steuer fallen dabei zuvorderst bei den Vermieter:innen an. Dadurch entsteht ein Anreiz zur Sanierung der Wohnung bzw. dem Ersatz des Heizungssystems, um die Kosten für die Wärmeversorgung zu senken (ebd.). Die Sozialverträglichkeit nimmt noch einmal dadurch zu, dass in Schweden reine Sanierungskosten für Energieeffizienzmaßnahmen nicht ohne Weiteres auf die Mieter:innen übertragbar sind (SIR 2016). Nur wenn mit Energieeffizienzmaßnahmen eine Steigerung des "Gebäudenutzwertes" einhergeht, ist dies möglich und auch dann nur im Umfang der Mietsteigerungen vergleichbarer Gebäude (ebd.).

Hinter dem Warmmietenkonzept steht dabei mit Blick auf die Energieeffizienz eine Abwägungsentscheidung: Vermieter:innen haben hierdurch den Anreiz, strukturelle Energieeffizienzmaßnahmen durchzuführen, Mieter:innen hingegen profitieren von sparsamem Energieverbrauch nicht mehr direkt (Agora Energiewende und Universität Kassel 2021). Laut der schwedischen Behörde für Wohnungswesen, Bauwesen und Raumplanung *Boverket* ist dabei der Umgang mit Mieter:innen, welche die im Warmmietenkonzept enthaltene Wärme-Flatrate ausnutzen würden, in Schweden erprobt, und es kann mit geringem Aufwand sichergestellt werden, dass es nicht zu verschwenderischem Verhalten kommt (Boverket 2015). Oft erlauben etwa die Thermostate keine Einstellungen, die über Temperaturen von 21 °C hinausgehen.

3.4 Lessons learned und Übertragbarkeit auf Deutschland

Die Dekarbonisierung des schwedischen Wärmesektors ist insbesondere deshalb so schnell vorangeschritten, weil durchgehend auf umfassende und systemorientierte Maßnahmen gesetzt wurde. Bei diesen Maßnahmen wurden zugleich Entscheidungen getroffen, die sich in einer langfristigen Perspektive stark auszahlen, was insbesondere den Ausbau der Fernwärme betrifft. Der langjährige Ausbau der Wärmenetze hat den Grundstein dafür gelegt, mit der CO₂-Steuer und der Privilegierung der Biomasse ein Potenzial für eine schnelle Dekarbonisierung heben zu können.

Dekarbonisierung und Ausbau der Fernwärme forcieren

Das schwedische Beispiel zeigt, dass ein Ausbau der Fernwärmenetze die Dekarbonisierung in der Wärmeversorgung deutlich erleichtert. Pfadabhängigkeiten in der Wärmeversorgung aufzubrechen gelingt effizienter, wenn die Investitions- und Planungsbedarfe an einer Stelle anfallen und konzertiert gelöst werden können. Zwar kann in Deutschland aufgrund mangelnder Ressourcen nicht in vergleichbarem Umfang auf Biomasse als Energiequelle zurückgegriffen werden, jedoch kann die starke Integration von überschüssigem Strom mit Wärmepumpen und Abwärme für die Fernwärmeerzeugung als Vorbild für die Dekarbonisierung genutzt werden. Mit Blick auf die den Kommunen zur Verfügung gestellten Planungsinstrumente lohnt es sich, aus den Schwächen der schwedischen Gesetzgebung zu lernen. Klare Ziele und Zeitvorgaben, von höherer Ebene durchgesetzt, sowie die Ausstattung der Kommunen mit den nötigen Durchgriffsrechten auf die Betreiberfirmen von Wärmenetzen sind Voraussetzung für eine funktionierende Wärmewende in den Kommunen.

Klare Lenkungswirkungen etablieren

In Schweden werden überwiegend klare Lenkungswirkungen formuliert, die bei der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung Lösungswege favorisieren, die frei von CO₂-Emissionen sind. So wurde mit der aktuellen Version der Bauordnung bei den Primärenergiefaktoren die

Nutzung fossiler Energieträger noch einmal deutlich benachteiligt, der Anschluss an Wärme- und Kältenetze hingegen begünstigt.

Der Schlüssel für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung in Schweden ist allerdings die CO₂-Steuer. Insbesondere durch den starken Anstieg der Steuer ab dem Jahr 2000 und die Preissignale für die Nutzung fossiler Brennstoffe sind letztere de facto nicht mehr wettbewerbsfähig. Gleichzeitig sind die finanziellen Belastungen durch steuerliche Erleichterungen in anderen Bereichen abgedeckt bzw. ausgeglichen worden.

Eine stärkere Lenkungswirkung entfaltender CO₂-Preis ist auch für Deutschland adaptierbar. Eine deutliche Erhöhung des CO₂-Preises und des festgelegten Preispfades im Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) kann einen erheblichen Effekt auf die Wärme-Dekarbonisierung haben.

Um das Risiko unerwünschter Verteilungsfolgen zu vermeiden, ist es überdies wichtig, dass begleitend Entlastungen für mittlere und einkommenschwache Haushalte vorgesehen werden. In Schweden ist die CO₂-Steuer mit einer Steuerentlastung verbunden worden, wodurch sowohl für die Einführung der CO₂-Steuer als auch für das mittlerweile hohe CO₂-Steuer-Niveau Akzeptanz erreicht wurde.

Vermieter:innen-Mieter:innen-Dilemma abmildern

Eine Abmilderung des Vermieter:innen-Mieter:innen-Dilemmas ist für die Wärmewende und den Klimaschutz im deutschen Gebäudesektor von zentraler Relevanz, eingedenk der Tatsache, dass Mietverhältnisse in Deutschland sowohl im Wohngebäude- als auch im Nichtwohngebäudebereich dominieren. In Schweden trägt das Warmmietenmodell hierzu bei.

Das schwedische Referenztemperaturmodell kann als Vorbild für die Entwicklung einer entsprechenden deutschen Regelung dienen. Bei der konkreten Ausgestaltung müssten aber die Vorgaben zur individuellen Verbrauchserfassung und Abrechnung der europäischen Energieeffizienzrichtlinie beachtet werden (Agora Energiewende 2020). Eine direkte Übertragung des schwedischen Modells ist somit erschwert, da in Schweden bisher eine individuelle Verbrauchserfassung fehlt (Agora Energiewende 2020).

4 Finnland

Autor:innen: Helena Stange, Yannik Beermann (ifeu)

4.1 Kurzüberblick Wärmemarkt Finnland

Die finnische Regierung hat es sich zum Ziel gesetzt, die Klimaneutralität in Finnland bereits 2035 zu erreichen und nicht erst 2050 (Ministry of the Environment 2021). Die Umsetzung der Zielverschärfung befindet sich dabei noch im politischen Prozess, und erste Ergebnisse werden für den Herbst 2021 erwartet (ebd.).

Der Energieverbrauch für Gebäudewärme in Finnland verteilt sich nahezu hälftig auf Fernwärme und dezentrale Wärme (siehe Abbildung 7). In den letzten 15 Jahren hat die Wärmewende in Finnland große Fortschritte gemacht. Der direkte Einsatz von fossilen Brennstoffen in der dezentralen Wärmeerzeugung ist bereits stark reduziert: hier bilden die elektrische Stromerzeugung – direkt und mit Wärmepumpe – sowie Biomasse die tragenden Säulen. In der Fernwärme ist die Dekarbonisierung der zu großem Teil von Unternehmen in kommunalem Eigentum betriebenen Wärmenetze etwa zur Hälfte erreicht. Dabei wurde bisher vor allem auf Biomasse als Ersatz gesetzt, für den weiteren Weg sollen aber auch vermehrt Alternativen – u.a. Abwärme- und Umweltwärmenutzung mit Großwärmepumpen – zum Einsatz kommen, die in den letzten Jahren besonders stark gewachsen sind.

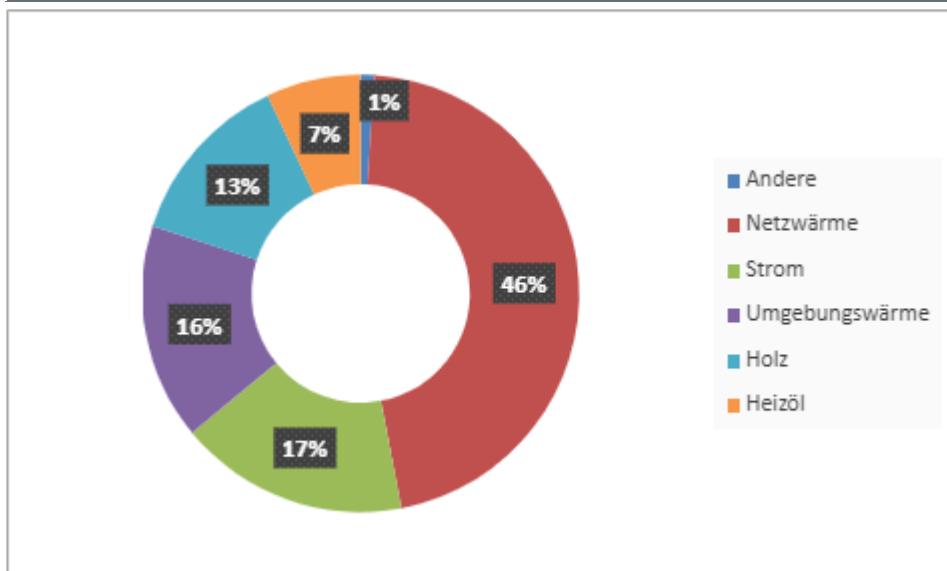
Politische Lenkungswirkungen werden in Finnland vor allem über Steuern erreicht: 2011 wurde eine grundlegende Reform der Energiesteuern mit umweltpolitischem Ziel durchgeführt (Ministry of Finance 2021) und die 2019 gesetzlich verankerte Vorgabe des Kohleausstiegs bis 2029 (Finlex 2019) erzielt. Finanzielle Förderung spielt für Lenkungswirkungen nur eine geringe Rolle.

Entwicklung CO₂-EmissionenDie CO₂-Emissionen der dezentralen Brennstoffnutzung in Gebäuden sind in Finnland seit 1990 um zwei Drittel gesunken auf aktuell etwa eine Megatonne CO₂ im Jahr 2019 (StatFin 2021). Auch die CO₂-Emissionen der Wärmeerzeugung für Wärmenetze sind stark rückläufig und in den letzten 10 Jahren um knapp die Hälfte gesunken (Finnish Energy 2020).

Eingesetzte Technologien und Energieträger

Die Raumwärmeversorgung wird in Finnland knapp zur Hälfte durch Fernwärme getragen, bei der dezentralen Wärmeversorgung dominiert die elektrische Versorgung inklusive Umweltwärme, aber auch Biomasse spielt eine relevante Rolle (siehe Abbildung 7).

Abbildung 7: Anteile der Energieträger für die Raumwärmeerzeugung in Finnland 2018



Quelle: Eigene Grafik nach Finnish Energy (2019).

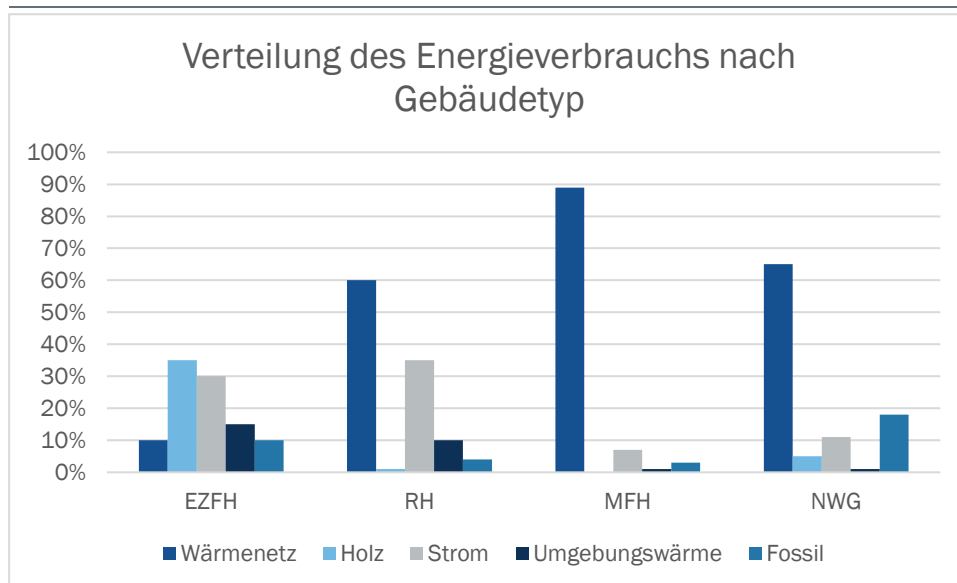
Wohngebäude stellen über 90 % des finnischen Gebäudebestandes (LTRS 2020). Davon machen Ein- und Zweifamilienhäuser (EZFH) mit 1,1 Millionen knapp zwei Drittel und die 400.000 Reihenhäuser (RH) fast ein Viertel aus (ebd.). Mehrfamilienhäuser (MFH) haben nur einen Anteil von etwa 3,5 % - stellen aber 47 % der Wohnungen (ebd.).

Die Beheizungsstruktur unterscheidet sich stark zwischen den unterschiedlichen Gebäudetypen (siehe Abbildung 8):

- Sowohl bei Ein- und Zweifamilienhäusern als auch in Reihenhäusern werden insgesamt 45 % der Wärme elektrisch erzeugt, entweder direkt oder indirekt durch Wärmepumpen (LTRS 2020).
- Biomasse in Form von Holz spielt nur bei den Ein- und Zweifamilienhäusern mit 35 % eine wichtige Rolle (ebd.).
- Wärmenetze dominieren sowohl bei Reihen- und Mehrfamilienhäusern, nämlich zu fast 90 %, als auch in Nichtwohngebäuden (ebd.).
- Direktfossile Heizungen kommen fast nur noch in Nichtwohngebäuden (18 %) und Ein- und Zweifamilienhäusern (10 %) vor (ebd.).

Die Long-term Renovation Strategy 2020-2050 der finnischen Regierung beabsichtigt, den Anteil der Wärmepumpen an der Wärmeerzeugung auszudehnen. Der Verbrauch aller weiteren Energieträger soll hingegen zurückgehen (LTRS 2020).

Abbildung 8: Verteilung des Energieverbrauches auf die Energieträger in den unterschiedlichen Gebäudetypen⁸



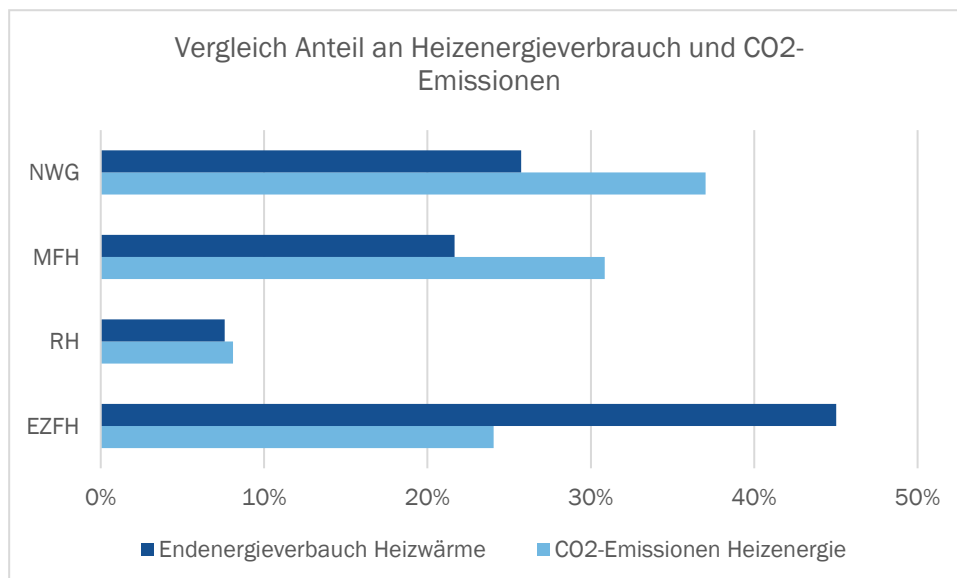
Quelle: Eigene Grafik basierend auf LTRS (2020)

Die großen Unterschiede bei den Energieträgern führen dazu, dass der Beitrag zu den CO₂-Emissionen der verschiedenen Gebäudetypen teils stark von ihrem Anteil am gesamten Energieverbrauch abweicht (Abbildung 9):

Vom gesamten Endenergieverbrauch für die Heizwärmeerzeugung im Jahr 2018 benötigen die Mehrfamilienhäuser lediglich etwas über 20 %, Ein- und Zweifamilienhäuser hingegen mit 45% nahezu die Hälfte. Die knapp 10 % Nichtwohngebäude verbrauchen etwa ein Viertel der Endenergie. Ein- und Zweifamilienhäuser sind jedoch nur für ca. ein Viertel der CO₂-Emissionen durch Heizenergie ursächlich. Nichtwohngebäude haben mit 37 % den größten Anteil an den CO₂-Emissionen der Heizwärme, vor den Mehrfamilienhäusern mit etwa 31 %.

⁸ Im Stromverbrauch sind nicht nur direktelektrische Heizungen erfasst, sondern auch der Strombedarf für Wärmepumpen sowie Heizsysteme

Abbildung 9: Anteil des Endenergieverbrauchs und der CO₂-Emissionen für die verschiedenen Gebäudetypen in Finnland im Jahr 2018.



Quelle: Eigene Grafik basierend auf Daten des LTRS (2020)

Effizienz des Gebäudebestands

- Bei den Wohngebäuden ist der Anteil der Gebäude in den beiden schlechtesten Effizienzklassen F und G (worst performing buildings) mit 6 % der Ein- und Zweifamilienhäuser und 4 % der Reihenhäuser gering – nur bei den Mehrfamilienhäusern ist er mit 10 % etwas höher (LTRS 2020). Etwa zwei Drittel der Wohngebäude fallen in die mittleren Kategorien D und E (ebd.).
- Ein knappes Viertel der Wohngebäude erreicht für Neubauten ab 2010 oder sanierte Gebäude die erwartbaren höheren Effizienzklassen B und C, während die höchste Effizienzklasse A nur von 1 % der Ein- und Zwei- und Mehrfamilienhäuser erfüllt wird (LTRS 2020).
- Der energetische Zustand der Nichtwohngebäude unterscheidet sich deutlich von den Wohngebäuden (LTRS 2020): einerseits erreichen knapp über die Hälfte bereits die hohen Effizienzklassen A (2 %), B (16 %) und C (36 %). Andererseits gehören hier 14 % zu den worst performing buildings der Klassen F und G.

Grundsätzlich liegen die Grenzwerte der Energieeffizienzklassen für Gebäude in Finnland deutlich höher als in Deutschland (Finlex 2017). Zu berücksichtigen ist im Vergleich zu Deutschland jedoch, dass die Zahl der Heizgradtage in Finnland höher liegt (Eurostat 2021). Verbunden mit relativ anspruchsvollen Dämmstandards, die im Abschnitt Mindesteffizienzanforderungen – MEPS weiter erläutert werden, sind damit die finnischen Energieeffizienzklassen in ihrer Bewertung belastbar. Insgesamt kann der Sanierungszustand der finnischen Gebäude daher als relativ gut eingeschätzt werden.

4.2 Rahmenbedingungen

Mit Blick auf die (Teil-)Übertragbarkeit von Wärmeinstrumenten in Finnland auf Deutschland sind einige Punkte relevant, die berücksichtigt werden müssen:

- **Strom zum großen Teil aus Kernenergie:** Finnland gewinnt Stand 2019 ca. 56 % seines Stroms aus Kernenergie, 19 % aus Kohle und 9 % aus Gas (IEA 2018b). Die restliche Stromerzeugung (16 %) wird überwiegend durch Wasserkraft, Biokraftstoffe und Windenergie geleistet (ebd.).
- **Waldreichtum:** Finnland verfügt über hohe Holzreserven und eine umfangreiche Holzindustrie, was sich positiv auf die Verfügbarkeit von Biomasse für Heizenergie auswirkt (IRENA 2018).
- **Klimatische Verhältnisse:** Aufgrund der geographischen Lage sind die klimatischen Bedingungen in Finnland für das Heizen eine größere Herausforderung, die Zahl der Heizgradtage liegt erheblich höher als in Deutschland (Eurostat 2021). Zugleich geht die finnische Regierung davon aus, dass durch den Klimawandel und steigende Temperaturen der Heizbedarf bis 2050 deutlich zurückgehen wird (LTRS 2020).
- **Verteilung von Miete und Eigentum:** Einfamilienhäuser sind in Finnland nahezu vollständig im Eigenbesitz, bei Reihenhäusern gilt dies für zwei Drittel der Gebäude, bei Wohnungen in Mehrfamilienhäusern immerhin noch für ein Drittel der Wohnungen. Über alle Gebäudetypen hinweg sind ein Drittel der Mietwohnungen Sozialwohnungen (StatFin 2020).
- **Kleines Gasnetz:** Das staatlich betriebene finnische Gasnetz beschränkt sich auf den Süden Finnlands und dort insbesondere auf die urbanen Zentren (Gasgrid 2021). Eine Rolle spielt Gas dabei vor allem für die Industrie sowie die Kraft-Wärme-Kopplung (Ministry of Economic Affairs and Employment 2021).
- **Wärmenetze in kommunalem Eigentum weit verbreitet:** etwa die Hälfte der Wärmeversorgung erfolgt durch Wärmenetze, zum großen Teil durch Unternehmen in kommunalem Eigentum. Dadurch haben die Kommunen eine direkte Einflussmöglichkeit auf die Transformation der Wärmenetze.
- **Demographische Entwicklung:** In Finnland kommt es zu einem Rückgang der Bevölkerung in ländlichen Regionen, gleichzeitig zu einem Zuzug in urbane Zentren (LTRS 2020). Daher verfolgt die finnische Regierung die Strategie, in ländlichen Regionen ineffiziente Gebäude bevorzugt abzureißen und somit die Effizienz im Gebäudesektor zu erhöhen (ebd.).

4.3 Wärmewende in Finnland – Instrumentenüberblick

Im Folgenden wird ein Überblick über die wesentlichen Wärmeinstrumente in Finnland gegeben.

CO₂-Bepreisung

Die 1990 eingeführte finnische CO₂-Steuer gehört zu den ersten CO₂-Steuern weltweit (World Bank 2020). Eine 2011 durchgeführte Steuerreform sollte die Abgabenerhebung gezielt für umweltpolitische Ziele einsetzen (Ministry of Finance 2021). Ergänzt wird die CO₂-Steuer – heute im internationalen Vergleich eine der höchsten mit 58-62 €/tCO₂ (World Bank 2020) – durch eine vom Energiegehalt abhängige Energiesteuer, die einen Effizienzanreiz setzen soll (Ministry of Finance 2021).

36 % der finnischen CO₂-Emissionen werden von der Steuer abgedeckt, ausgenommen sind dabei die reine Stromerzeugung und Luftfahrt, sowie diverse Industriebereiche (World Bank 2021). Gezahlt wird die Steuer durch die Importeure und Händler der besteuerten Energieträger.

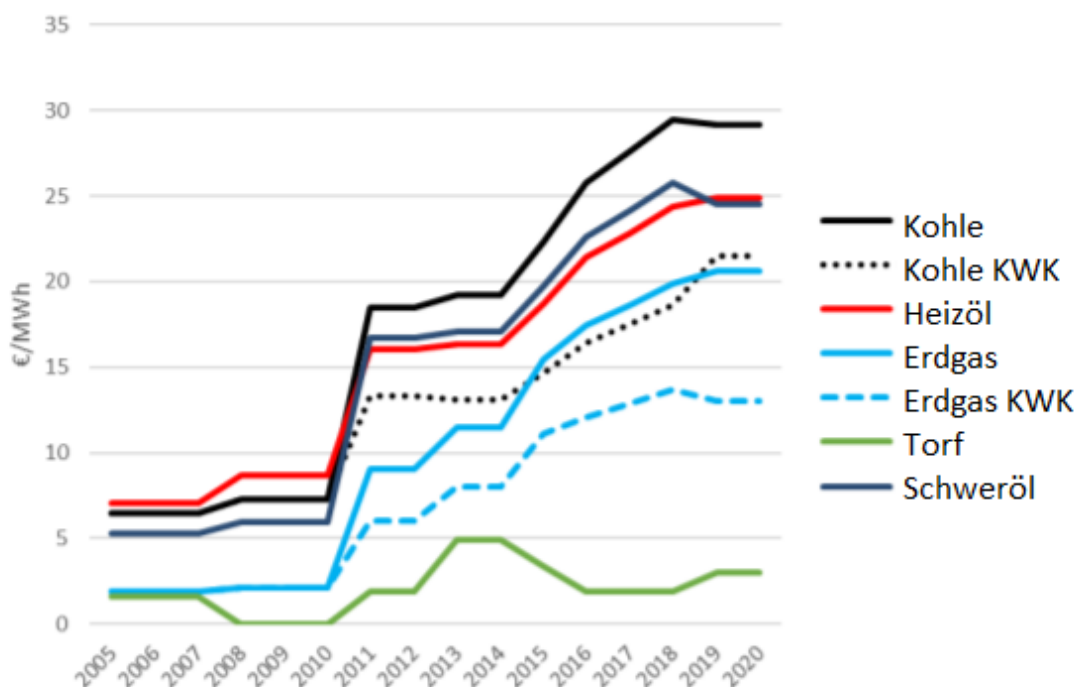
Die Einnahmen der finnischen CO₂-Steuer fließen dabei hälftig in die Finanzierung des Staatshaushaltes sowie in die Absenkung von Unternehmens- und Einkommenssteuern (Carl und Fedor 2016), und betragen 2020 1,2 Mrd. €⁹ (World Bank 2021).

Die Ausgestaltung der CO₂-Steuer für die in der Wärmeversorgung relevanten Energieträger ist unterschiedlich: Heizöl, Kohle und Erdgas werden durch die CO₂-Steuer erfasst (VERO 2021a, VERO 2021b), die Belastung hängt aber davon ab, ob sie für KWK eingesetzt werden (Ministry of Finance 2021). Von der CO₂-Steuer ausgenommen ist der - CO₂-intensive, aber lokal gewonnene - Torf. Bioenergieträger werden nur dann von der Besteuerung komplett ausgenommen, wenn sie nachhaltig sind (OECD 2013).

Für die in der Fernwärmeerzeugung genutzten Energieträger Kohle und Erdgas ist die kombinierte Abgabenbelastung vor allem durch den Anstieg der CO₂-Steuer seit 2008 stark angestiegen (siehe Abbildung 10): für Kohle hat sich die Besteuerung nahezu verfünffacht und für Erdgas sogar mehr als verzehnfacht.

Zum Vergleich: auch für Strom sind die Energiesteuern für nicht-industrielle Verbraucher gestiegen – diese haben sich seit 2008 auf knapp über 22 €/MWh nahezu verdreifacht (Finnish Energy 2021).

Abbildung 10: Entwicklung der Besteuerung von Brennstoffen für Wärmeerzeugung in Finnland



Quelle: Ministry of Finance (2021). Eigene Übersetzung.

9 Angaben der World Bank in USD, Referenzkurs der EZB 2020 für EUR/USD: 1 EUR = 1,1422 USD

Mindesteffizienzanforderungen – MEPS

Die Verbesserung der Energieeffizienz spielt für die Wärmewende in Finnland eine geringe Rolle: die finnische Regierung will durch verstärkte Energieeffizienz bis 2050 ca. 10 % der Heizenergie im Gebäudesektor einsparen (LTRS 2020). Dies ist weniger, als die finnische Regierung an Heizenergieeinsparung durch die Klimaerwärmung und dementsprechend wärmere Winter erwartet (ebd.). Zugleich befinden sich im Gebäudebestand Finnlands bereits relativ wenige Gebäude in den Energieeffizienzklassen F und G (*worst performing buildings*) (ebd.).

Die finnische Regierung beabsichtigt, bis spätestens 2025 eine Reform der Bauordnung durchzuführen und im Zuge dieser Reform für den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden eine CO₂-Bilanzierung vorzuschreiben, womit die CO₂-Grenzwerte festgelegt würden (Kuittinen und Häkkinen 2020). Wenngleich das Umweltministerium hierzu bereits Methoden entwickelt hat, ist eine rechtliche Umsetzung noch nicht erfolgt (Ministry of the Environment 2019). Die aktuellen Mindestanforderungen an Neubauten und Bestandsanierungen sind aus deutscher Sicht bezüglich Bauteilen teilweise sehr ambitioniert, für den – auch durch das sehr kalte Klima beeinflussten – Energieverbrauch des Gebäudes reichen die Anforderungen nicht an die Benchmarks der europäischen Kommission heran.

Neubau: Der zentrale Wert für die MEPS ist in Finnland der sogenannte E-Value. Hierin werden alle Energieverbräuche des Gebäudes zusammengefasst und pro Quadratmeter beheizter Wohnfläche gewichtet (Ministry of the Environment 2017). Finnland definiert *near zero energy buildings* (nZEB), deren Festlegung die europäische Kommission bis 2021 eingefordert hat, als den aktuell gültigen MEPS entsprechend. Die von der europäischen Kommission festgelegten Benchmarks zum Energieverbrauch in nZEB werden in Finnland allerdings verfehlt (BPIE 2021): Während die europäische Kommission für Einfamilienhäuser 50-90 kWh/m² vorschlägt, sieht die finnische Bauordnung für Einfamilien- und Reihenhäuser 92-170 kWh/m² vor, ein im europäischen Vergleich sehr hoher Wert (ebd., Ministry of the Environment 2017). Bürogebäude dürfen in Finnland 100 kWh/m² verbrauchen, für Gewerbebauten werden 135 kWh/m² angesetzt (ebd.). Damit liegen Bürogebäude zumindest am europäischen Benchmark für diesen Gebäudetyp von 80-100 kWh/m², das Anforderungsniveau liegt hiermit aber trotzdem im hinteren Mittelfeld im europäischen Vergleich (BPIE 2021).

Zusätzlich zu den Mindestanforderungen für den E-Value gibt es in Finnland auch Mindestanforderungen für die Dämmung und Wärmerückgewinnung. Bei den Dämmanforderungen sind die finnischen Vorgaben für einige Bauteile sehr ambitioniert: Die Mindestanforderungen für die Wärmedurchlässigkeit bei Außenwänden (0,17 W/m²K) und Dächern (0,9 W/m²K) bewegen sich zwischen dem deutschen KfW 55 sowie dem Passivhausstandard (Ministry of the Environment 2017, KfW 2020, Passivhaus Institut). Bei der benötigten Wärmerückgewinnung liegt das finnische Anforderungsniveau mit 55 % jedoch weit unter den vom KfW 55 Standard vorgegebenen 80 % (Ministry of the Environment 2017, KfW 2020, Passivhaus Institut).

Bestand: Für Bestandsgebäude gelten bei Sanierungen andere Grenzwerte für den E-Value als für Neubauten (Ministry of the Environment 2013). Der E-Value darf für sanierte Gebäude grundsätzlich deutlich höher ausfallen, so beispielsweise für Einfamilienhäuser mit maximal 180 kWh/m² (ebd.). Außerdem darf der kalkulierte E-Value um einen je nach Gebäudetyp spezifischen Faktor verringert werden, wodurch die Erfüllung der MEPS bei sanierten Gebäuden erleichtert wird (ebd.).

Hingegen entsprechen die Mindestwerte für die Dämmung von Wänden und Dächern sowie die Wärmedurchlässigkeit von Türen und Fenstern bei Sanierungen den strengen Werten für Neubauten und sind damit anspruchsvoller als die Vorgaben, welche für Bestandsgebäude bei Sanierungen im deutschen Gebäudeenergiegesetz (GEG) gelten (Ministry of the Environment 2013, GEG). Der Anspruch an die Wärmerückgewinnung ist mit 45 % geringer als bei finnischen Neubauten, ebenso die Anforderungen an Belüftung und Klimaanlage (Ministry of the Environment 2013).

Die MEPS für Bestandsgebäude finden nur bei Bestandsgebäuden Anwendung, deren Sanierung genehmigt werden muss, beispielsweise durch einen Bauantrag, oder bei Gebäuden, deren Nutzung geändert wird (Ministry of the Environment 2013).

Die finnische Regierung verfolgt bisher für Bestandsgebäude keine Strategie, die auf einer Verschärfung der MEPS basiert (CA 2018). Sanierungspflichten, beispielsweise für die Energieeffizienzklassen F und G bei bestimmten Auslösetatbeständen (Jahre, alter technischer Systeme) sind nicht geplant. Energieeinsparungen im Gebäudebestand sollen primär durch freiwillige Selbstvereinbarungen der Bauwirtschaft erreicht werden (Energy Efficiency Agreements 2016, LTRS 2020). Außerdem wird erwartet, dass aufgrund der demographischen Entwicklung und der Landflucht der Abriss besonders energieineffizienter Gebäude zu einem Rückgang des Heizenergiebedarfs führt (CA 2018, LTRS 2020).

Erneuerbare Energien in der dezentralen Gebäudeversorgung/Phase-Out fossiler Energieträger

Die dezentrale Gebäudeversorgung trägt in Finnland etwas über die Hälfte (56 %) der für Gebäude erbrachten Heizenergie (LTRS 2020). Insbesondere Ein- und Zweifamilienhäuser werden zu 90 % dezentral mit Heizenergie versorgt, bei allen weiteren Gebäudetypen ist die Versorgung durch Wärmenetze mit über 60 % (Reihenhäuser und Nichtwohngebäude) bzw. fast 90 % (Mehrfamilienhäuser) dominierend (siehe Abbildung 8).

Die dezentrale Versorgung mit Wärme basiert hauptsächlich auf Strom (siehe Abbildung 7) mit einem gemeinsamen Anteil von Strom und Umweltwärme aus Wärmepumpen von 33 % im Jahr 2018 an der gesamten Gebäudewärmeversorgung. Hinzu kommt bei Ein- und Zweifamilienhäusern Biomasse in Form von Holzheizungen: sie sind mit 35 % der erzeugten Wärme die dominierende Energiequelle für diesen Gebäudetyp. Dabei handelt es sich bisher vor allem um traditionelle Holzöfen. Heizsysteme, die Holzpellets nutzen, etablieren sich jedoch zunehmend (Motiva 2014). Insgesamt beträgt der Anteil von Holz an der Gebäudewärmeversorgung aber nur 13 %. Solarthermische Heizsysteme haben in Finnland aktuell keine Relevanz, die bestehende Kapazität ist mit 33 MW_{th} in 2015 überaus gering (ESTIF 2016).

Aufgrund der hohen Stromverbräuche für Elektroheizungen und Wärmepumpen ist für eine Dekarbonisierung der dezentralen Energieversorgung auch die Dekarbonisierung der Stromversorgung in Finnland relevant. Die CO₂-Intensität des Stroms ist in Finnland in den letzten 10 Jahren allerdings schon stark zurückgegangen, darüber hinaus ist der Ausstieg aus der Kohle bereits für 2029 festgelegt (IEA 2018, Finlex 2019).

Fossile – meist mit Öl betriebene – Heizungen haben in der gesamten Wärmeversorgung einen vergleichsweise kleinen, aber noch merklichen Anteil von 7 % (siehe Abbildung 7). Sie spielen mit 18 % des Energieverbrauches der betroffenen Gebäude aber die Hauptrolle bei der dezentralen Versorgung von Nichtwohngebäuden. Auch noch etwa 10 % des Energieverbrauches von Ein- und Zweifamilienhäusern wird durch fossile Heizungen gedeckt (siehe Abbildung 8).

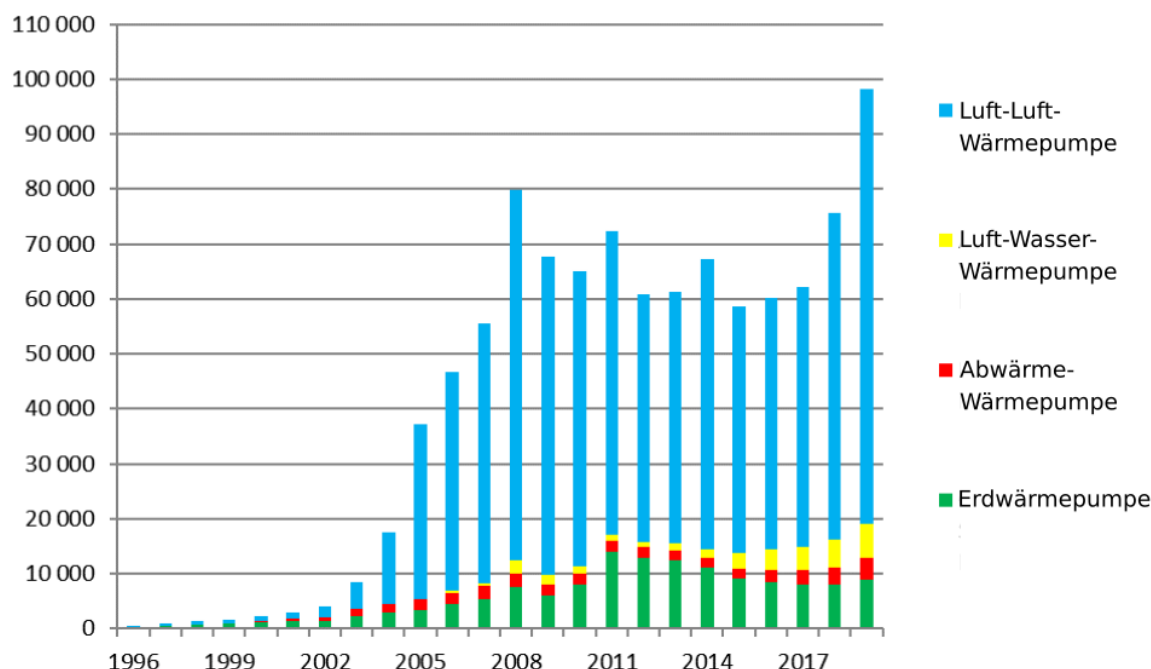
1970 bis Mitte 2000er Jahre: Rückgang der fossilen und Aufstieg der direktelektrischen Wärmeerzeugung. Historisch war die Bedeutung fossiler dezentraler Heizungen deutlich größer: zu Beginn der 1970er Jahre war die Gebäudeversorgung in Finnland nahezu komplett dezentral (Hannon 2015). Dabei trugen Ölheizungen zu etwa 60 % der dezentralen Wärmeerzeugung bei – die verbleibenden ca. 40 % erfolgten mit Holzverfeuerung (Hannon 2015). Seitdem ist durch den starken Ausbau der Fernwärmeversorgung (siehe Abschnitt zu Wärmnetzen) die dezentrale Wärmeerzeugung deutlich zurückgegangen (Hannon 2015). Gleichzeitig änderte sich die Struktur der dezentralen Erzeugung: bis Mitte der 2000er Jahre halbierte sich der Anteil der fossil befeuerten Heizungen in etwa. Gleichzeitig nahm – nach einem zwischenzeitlichen Rückgang der Holzverbrennung in den 1970er Jahren - sowohl der Anteil der Holz- als auch der elektrischen Wärmeerzeugung deutlich zu (Hannon 2015). Die elektrische Wärmeerzeugung basierte dabei nahezu komplett auf direktelektrischen Heizungen: die Wärmeerzeugung mit Wärmepumpen – nahezu nur Erdwärmepumpen - stagnierte seit Mitte der 1980er Jahre auf einem unbedeutenden Niveau von unter 0,5 TWh/a (Hannon 2015).

Mitte 2000er Jahre bis heute: stärkerer Rückgang der Ölheizung und Aufstieg der Wärmepumpen in der dezentralen Wärmeerzeugung. Seitdem hat eine deutliche Beschleunigung des Rückgangs der fossilen Wärmeerzeugung stattgefunden: die Wärmeerzeugung mit Heizöl halbierte sich von 2008 bis 2019 innerhalb von nur gut 10 Jahren (StatFin 2020b). Seit zwei Jahren gibt es ein aktuelles Förderprogramm, mit dem der Austausch von Ölheizungen gegen alternative Heizsysteme mit einem Zuschuss gefördert wird: 4.000 € für den Wechsel zu einer Erdwärmepumpe oder einem Fernwärmeanschluss oder 2.500 € für den Umstieg auf eine direktelektrische Heizung (SULPU 2021). Die Regierung plant ab 2024 keine Ölheizungen mehr in Gebäuden des Staates zu nutzen, eine rechtliche Umsetzung und die konkrete Art des Verbotes liegen jedoch noch nicht vor (LTRS 2020).

Als neue relevante Technologie konnten sich Wärmepumpen etablieren: die Anzahl der verkauften Wärmepumpen stieg Mitte der 2000er Jahre sprunghaft an (siehe Abbildung 11). Die seitdem dauerhaft hohen Absatzzahlen führen zu einer Gesamtinstallation von bis heute über einer Million Wärmepumpen (SULPU 2020) – bei nur 5,5 Millionen Einwohnern in Finnland –, die mit 12 TWh Wärme im Jahr bereits 15 % des gesamten Gebäudewärmebedarfs produzieren (SULPU 2021). Dabei handelt es sich vor allem um Luft-Luft-Wärmepumpen, welche eine vorhandene direktelektrische Heizung in Bestandsgebäuden ergänzen (SULPU 2021). Aber auch Erdwärmepumpen – meist mit einer etwa 200 m tiefen Bohrung – sind sehr relevant (SULPU 2021): sie tragen etwa zur Hälfte der mit Wärmepumpen erzeugten Wärme bei. Der Absatz von Erdwärmepumpen hat deutlich zugenommen, auf etwa 10.000 Stück pro Jahr. Sie kommen bei etwa der Hälfte der neuen Einfamilienhäuser zum Einsatz. Im Bestand ersetzen sie bestehende Heizungssysteme – meist eine Ölheizung oder den Fernwärmeanschluss. In den letzten Jahren ist eine steigende Zahl von günstigeren Luft-Wasser-Wärmepumpen hinzugekommen, welche aber noch eine geringe Rolle spielen. Auch Abluftwärmepumpen kommen in geringer Zahl zum Einsatz – sie werden in etwa 20 % der neuen Einfamilienhäuser installiert und können den Fernwärmeverbrauch von großen Mehrfamilienhäusern deutlich senken (SULPU 2021).

Abbildung 11: Jährlicher Wärmepumpenabsatz in Finnland

Jährliche Wärmepumpeninstallation in Finnland (Stck)



Quelle: SULPU (2020). Eigene Übersetzung

Hintergrund des Erfolgs der Wärmepumpen: Der Erfolg der Wärmepumpen in Finnland beruht vor allem auf den großen ökonomischen Vorteilen für die Betreiber:innen: die mit der eingesetzten Investition erzielte Rendite liegt oft über 10 % im Jahr (SULPU 2020), für Luft-Luft-Wärmepumpen abhängig vom bisherigen Heizsysteme sogar deutlich darüber (Vimpari 2021).

Eine wichtige Rolle spielt dabei der in Finnland niedrige – aber ansteigende – Strompreis: in elektrisch beheizten Einfamilienhäusern fielen im Jahr 2000 6 ct/kWh Strom an Kosten an (Statistics Finland (StatFin 2021b)). Mittlerweile ist der Strompreis für diesen Verbrauchertyp auf etwa 15 ct/kWh angestiegen (ebd.). Das Strompreisniveau ist für Haushalte mit Stromheizungen und hohem Verbrauch geringer als für Stromnutzer mit nur geringem Jahresverbrauch (ebd.). Historisch haben die günstigen Strompreise die Nutzung von direktelektrischen Heizungen gefördert. Der deutliche Anstieg in den letzten 20 Jahren – auf ein im europäischen Vergleich weiterhin niedriges Niveau – macht nun den Einsatz einer Luft-Luft-Wärmepumpe in Verbindung mit einer existierenden elektrischen Heizung aufgrund der Stromeinsparungen sehr schnell rentabel.

Gleichzeitig stiegen die Abgaben auf fossile Energieträger deutlich: die Steuer auf Heizöl wurde von 2004 bis 2017 mehr als verdoppelt, für Kohle vervierfachte sie sich, und für Erdgas erhöhte sie sich sogar um mehr als das Fünffache (Lauttamäki und Hyysalo 2019). Damit verteuerten sich zwei der mit Wärmepumpen konkurrierenden Heiztechnologien – Ölheizungen für Einfamilienhäuser und Fernwärme in urbanen Gegenden. Erdgas spielt für die direkte Beheizung in Finnland keine Rolle (Hannon 2015, SULPU 2021)

Insgesamt werden Wärmepumpen heute im Vergleich zu allen Alternativen als wettbewerbsfähig bewertet (Vimpari 2021). Dennoch wurden und werden Wärmepumpen in begrenztem Ausmaß auch staatlich gefördert: vor dem erst kürzlich gestarteten Förderprogramm zum Austausch von Ölheizungen (s.o.) gab es bereits in den 2000ern eine Förderung des Austauschs von Öl- und direktelektrischen Heizungen durch Erdwärmepumpen: hierbei wurden 10 % des Investments übernommen, diese Förderung lief jedoch 2012 aus (Majuri 2016). Relevanter ist aus Sicht des Wärmepumpenverbandes SULPU die seit 2001 bestehende Möglichkeit, die Lohnkosten bei Renovierungen an Gebäuden – und damit auch dem Einbau jeglichen Typs von Wärmepumpen – von der Steuer abzusetzen (SULPU 2021, Majuri 2016). Insgesamt spielte die staatliche Förderung jedoch gegenüber den alleine durch die Marktsituation gegebenen ökonomischen Vorteilen beim Markthochlauf der Wärmepumpen in Finnland nur eine untergeordnete Rolle (SULPU).

Eingeführt wurde die Wärmepumpentechnologie in Finnland vor allem über neu in den Heizungsmarkt eingetretene Firmen, welche den Kunden „schlüsselfertige“ Anlagen verkauften (SULPU 2021), traditionell in der Heizungsinstallation tätige Firmen traten erst später in das Geschäft ein. Heute ist der Markt etwa hälftig zwischen diesen beiden Akteuren aufgeteilt. Die Aus- und Fortbildung für die Installation von Wärmepumpen wird vor allem von dem im Import dieser Geräte tätigen Firmen organisiert (SULPU 2021).

Begünstigt wurde die Verbreitung der Wärmepumpen auch dadurch, dass die Bevölkerung in Finnland aufgrund des Klimas sehr für das Thema Heizkosten sensibilisiert ist, aufgrund der bereits verbreiteten direktelektrischen Heizung keine Vorbehalte gegen das Heizen mit Strom bestehen und aufgrund eines relativ hohen Lebensstandards, welcher die Anfangsinvestition in die Wärmepumpe erleichtert (SULPU 2021).

Wärmenetze

Wärmenetze haben für die finnische Wärmeversorgung eine herausragende Bedeutung: 46 % des Heizenergieverbrauches werden von Wärmenetzen geliefert (LTRS 2020). Die Verbreitung von Wärmenetzen ist besonders im Bereich der Mehrfamilienhäuser sehr hoch (knapp 90 % des Heizenergieverbrauches, siehe Abbildung 8) (ebd.). Auch bei Nichtwohngebäuden und Reihenhäusern werden etwa zwei Drittel des Verbrauches durch Wärmenetze gedeckt (ebd.). Diese sehr hohe Durchdringung trotz der geringen Bevölkerungsdichte wird auch dadurch erreicht, dass die Netzanschlüsse in urbanen Gegenden dominieren (ebd.).

Der starke Ausbau der Wärmenetze begann in den - von den Ölpreiskrisen geprägten – 1970er und 1980er Jahren, und die Anzahl der Anschlüsse und Leitungslängen hat seitdem kontinuierlich zugenommen (Finnish Energy 2018). Neubauten werden in Finnland zu 56 % an das Nahwärmenetz angeschlossen, wobei hier eine abnehmende Tendenz in den letzten fünf Jahren zu beobachten ist (Finnish Energy 2020). Im letzten Jahrzehnt schwankt der Wärmeverbrauch aus Wärmenetzen auf einem etwa gleichbleibenden Niveau (Finnish Energy 2019).

Die große Mehrheit der finnischen Wärmenetze wird dabei durch Unternehmen in kommunalem Eigentum (Finnish Energy 2021) – bzw. im Fall des großen Versorger Fortum mit dem Staat als Mehrheitseigentümer – betrieben. Da der Betrieb von Wärmenetzen profitabel ist, bedeutet dies für die Kommunen auch in bedeutendem Umfang Einnahmen, die wiederum für die kommunalen Haushalte zur Verfügung stehen (ebd.).

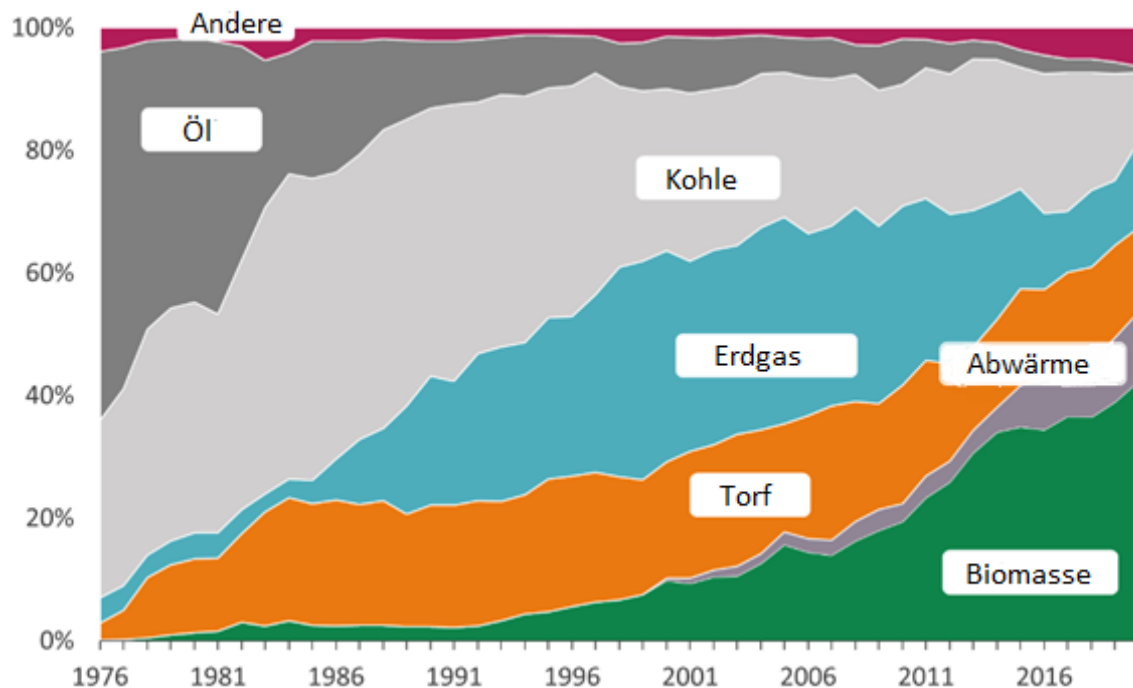
Die Kunden haben bei der Wärmeversorgung die freie Wahl – es besteht kein Anschlusszwang ans Wärmenetz (Finnish Energy 2021). In Finnland sind Warmmieten für Wohnungen mit An-

schluss an das Wärmenetz üblich (Vuokraturva). Die Preise sind im europäischen Vergleich günstig (Finnish Energy 2021a), aber in den letzten Jahren etwas angestiegen (Finnish Energy 2019). Es existiert keine direkte Regulierung der Fernwärmepreise, Wettbewerbsregulierungen setzen aber Grenzen und geben eine Kopplung an die Erzeugungspreise vor (Paiho und Saastamoinen 2018, Finnish Energy 2021). Da die Gewinne aus der Fernwärmeversorgung hauptsächlich den Kommunen zugute kommen – und für diese eine relevante Einnahmequelle sind (Finnish Energy 2021) –, hat die Preishöhe auch eine politische Dimension: die Kund:innen der Fernwärme tragen dadurch stärker zur Finanzierung kommunaler Aufgaben bei, was als „zusätzliche Steuer“ empfunden werden kann.

Die Erzeugung der Fernwärme teilt sich in zwei Drittel KWK und ein Drittel direkte Wärmeerzeugung und Abwärmenutzung auf (Finnish Energy 2019). Dabei wird die Wärme zu zwei Dritteln von den Wärmenetzbetreibern selbst erzeugt und zu einem Drittel eingekauft (Finnish Energy 2021b).

Die Struktur der Energieträger hat sich in den letzten Jahrzehnten stark gewandelt (siehe Abbildung 12): noch vor 20 Jahren wurde fast 90 % der Wärme mit fossilen Brennstoffen erzeugt. Bis 2010 ist der Anteil der Biomasse dann auf etwa 20 % gewachsen. Seitdem hat sich der Anteil der Biomasse noch einmal auf 40 % in 2019 verdoppelt. Seit 2010 hat sich zudem der Anteil der Wärmegewinnung aus Abwärme und erneuerbaren Quellen („heat recovery“) auf etwa 10 % mehr als verdreifacht (Finnish Energy 2020). Dabei wird mit Wärmetauschern oder Wärmepumpen die Abwärme aus Industrie, Rechenzentren und Abwasser, dem Wärmenetzrücklauf und geothermische Energie genutzt (Finnish Energy 2019, Finnish Energy 2020). Somit ist die Dekarbonisierung der Fernwärmeversorgung in Finnland etwa zur Hälfte geschafft.

Abbildung 12: Entwicklung der Anteile verschiedener Energieträger an der Wärmeerzeugung für Wärmenetze in Finnland



Quelle: Finnish Energy (2020). Eigene Übersetzung

Gelenkt wurde diese Entwicklung vor allem durch den starken Anstieg der Abgaben – Summe aus CO₂-Steuer und Energiesteuer – auf Kohle und Gas (Finnish Energy 2021) seit 2011 (siehe Abschnitt zur CO₂-Bepreisung in Finnland). Durch den Europäischen Emissionshandel hat sich seit 2017 auch der Preis für den – aus Rücksicht auf die heimische Torfindustrie von CO₂- und Energiesteuern im Vergleich kaum betroffenen – Torf um fast 90 % erhöht (Finnish Energy 2020) und damit teurer als Biomasse gemacht.

Auch die Zunahme der Nutzung von Ab- und Umweltwärme ist auf deren Profitabilität zurückzuführen (Finnish Energy 2021), wobei die gute Zusammenarbeit der lokalen Akteure aus Industrie, Fernwärmebetreibern und Kommunen für die Erschließung der Potentiale wesentlich ist (Finnish Energy 2021). Großwärmepumpen sind jedoch bisher meist nur dann profitabel, wenn sie neben Wärme im Winter auch Kälte im Sommer produzieren (Finnish Energy 2021). Neue Investitionen in diesem Bereich werden aber auch wesentliche durch den 2019 beschlossene Ausstieg aus der Kohle bis 2029 (Finlex 2019) beeinflusst (Finnish Energy 2021).

Für energieproduzierende Unternehmen, die ihren Kohleausstieg beschleunigen wollen, hat die finnische Regierung eine 90 Millionen Euro starke Investmentförderung für die Jahre 2020–2022 aufgelegt (Ministry of Economic Affairs and Employment 2020).

Aktuell steht zudem eine Steuerentlastung mit Lenkungswirkung an: eine – noch von der Genehmigung durch die EU-Kommission abhängige – Einstufung als industrielle Verbraucher würde Großwärmepumpen in Wärmenetzen sehr stark von der Energiesteuer entlasten (Finnish Energy 2021).

Ein weiterer Treiber für die Dekarbonisierung der Fernwärme ist auch die Erwartung der Kund:innen an eine umweltfreundliche Wärmeherzeugung (Finnish Energy 2021). Die Fernwärme steht dabei in zunehmender Konkurrenz mit Wärmepumpen (SULPU 2021), dadurch ist teilweise die Planung für die Wärmenetzbetreiber erschwert (Finnish Energy 2021).

Eine Herausforderung für die weitere Dekarbonisierung der Fernwärme ist, dass die Verfügbarkeit von Biomasse stark an die lokale Holzindustrie gebunden und damit nicht überall im gleichen Maße gegeben ist – insbesondere in Helsinki (Finnish Energy 2021).

Planungsinstrumente

Dadurch, dass sich die Wärmenetzunternehmen zum großen Teil in kommunalem Eigentum befinden, kann deren Planung nicht nur durch nationale Entscheidungen zu Abgaben oder dem Kohleausstieg, sondern auch durch politische Entscheidungen auf kommunaler Ebene beeinflusst werden.

Ein ungewöhnliches Beispiel für die Planung der lokalen Dekarbonisierung der Wärmenetze zeigt die Stadt Helsinki mit der kommunalen Betreiberfirma Helen: dort haben die beiden Kohlekraftwerke der Stadt, die 2023 und 2029 abgeschaltet werden, eine große Relevanz für die Wärmeherzeugung (City of Helsinki 2020, City of Helsinki 2020b). Die Leistung des Kohlekraftwerks mit dem Abschaltdatum 2023 soll zum Großteil durch ein Biomassekraftwerk ersetzt werden. Weitere Biomassekraftwerke schließt Helen mit Blick auf die Belastung der finnischen Wälder allerdings aus (ebd.).

Für die weitere Dekarbonisierung des Wärmenetzes, insbesondere des zweiten Kohlekraftwerks und der Gaskraftwerke bis 2035¹⁰, hat die Stadt Helsinki einen Wettbewerb ausgeschrieben über die besten Ideen zur Planung und Dekarbonisierung, die sogenannte *Helsinki Energy Challenge* (City of Helsinki 2020c). Als Ergebnis der *Helsinki Energy Challenge* nennt *Helen* unterschiedliche Ansätze zur Dekarbonisierung. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Nutzung von Abwärme, umfangreichen Wärmespeichern sowie die Generierung von Wärme durch Wärmepumpen, beispielsweise durch Nutzung von Ab- und Meerwasser (City of Helsinki 2020d). Als Transformationsweg werden dabei Auktionen in Betracht gezogen, an denen potenzielle Wärmequellen teilnehmen können (ebd.).

Teilweise setzt *Helen* diese Ideen bereits um. Geplant ist ab September 2021 der Bau einer Geothermie-Wärmepumpe als Pilotprojekt, die das Wärmenetz mit Heiz- und Kühlleistung versorgen soll (Helen 2021a). Außerdem wird von *Helen* die Inbetriebnahme eines umfangreichen Kavernenspeichers für Wärme vorangetrieben (Helen 2021b).

4.4 Lessons learned und Übertragbarkeit auf Deutschland

Preissignale und neue Vertriebsaktuere ermöglichen schnellen marktgetriebenen Hochlauf für Wärmepumpen

Das finnische Beispiel zeigt, dass sich Wärmepumpen innerhalb weniger Jahre auf dem Markt ohne große Subventionen durchsetzen können, wenn sie preislich mit den zugänglichen Alternativen für die Wärmeherzeugung konkurrieren können. In Finnland haben einerseits ein günstiger – aber ansteigender – Strompreis und steigende Abgaben auf fossile Energieträger mit einer im internationalen Vergleich hohen CO₂-Steuer entscheidend zur Wettbewerbsfähigkeit der Wärmepumpen beigetragen – sowohl gegenüber dezentralen Öl- und rein direktelektrischen Heizungen als auch im Verhältnis zur erst teilweise dekarbonisierten Fernwärme.

Zusätzlich zu diesem klaren Preissignal war in Finnland aber auch der Eintritt neuer Akteure in den Heizungsmarkt für die Etablierung der Wärmepumpen entscheidend: kleine, neue Firmen boten schlüsselfertige Anlagen – mit Verkauf, Einbau und Wartung aus einer Hand – an. Diese Anbieter hatten somit intern keine Umstiegshürde von ihnen vertrauten fossilen Heizkesseln im Gegensatz zur Einarbeitung in eine neue Technik zu überwinden, und hatten ein großes ökonomisches Interesse an der Vermarktung der neuen Wärmepumpentechnik.

Für die Übertragung auf Deutschland zeigt sich, dass für eine Verbesserung der Wettbewerbsbedingungen für Wärmepumpen wie in Finnland die Lenkungswirkung von höheren Abgaben auf fossile Brennstoffe und niedrige Stromkosten für Verbraucher:innen zentral sind. Wenn die ökonomischen Voraussetzungen geschaffen sind, könnte es für die Verbreitung der Technik hilfreich sein, neuen Akteur:innen den Markteinstieg zu erleichtern. Es könnte etwa für die große Anzahl an zusätzlichen Fachkräften, die für den Einbau von Wärmepumpen benötigt werden, eine eigenständige Ausbildung für Wärmepumpeninstallation und -betrieb geschaffen werden.

10 Für Kohlekraftwerke liegt das gesetzliche Ausstiegsdatum in Finnland im Jahr 2029. Gaskraftwerke sowie fossil betriebene Boiler sind mit der Klimaneutralität 2035 de facto nicht vereinbar

Vielfältiger Einsatz von Wärmepumpen in Hybridlösungen erschließt Potentiale

Wärmepumpen werden in Finnland auf vielfältige Weise eingesetzt: als eigenständige Lösung für die komplette Heizung – etwa als Erdwärmepumpe für die Mehrheit der neuen Einfamilienhäuser – oder als Hybridlösung. Die in Finnland verbreitete Kombination einer Luft-Luft-Wärmepumpe mit einer vorhandenen direktelektrischen Heizung ist auf Deutschland nicht direkt übertragbar. Stattdessen könnte verstärkt auf die Kombination mit anderen – neu eingebauten oder im Gebäude schon vorhanden – Technologien, wie Heizstäben, Holzpellet- oder Kaminöfen für Spitzenlasten gesetzt werden. Auch Abwasserwärmepumpen könnten Teil von Hybridlösungen sein.

Abluftwärmepumpen werden in Finnland oft in Mehrfamilienhäusern genutzt, um den Bezug von Fernwärme zu reduzieren. Für große Lüftungsanlagen mit Luftheizung könnten Abluftwärmepumpen anstatt von üblichen Wärmerückgewinnungsvorrichtungen auch in Deutschland lohnenswert sein.

Klare Lenkungswirkung von Abgaben und gesetzlichem Kohleausstieg für Fernwärme

Eine weite Verbreitung von Fernwärme, wie in Finnland, ermöglicht eine schnelle Dekarbonisierung durch zentral getroffene Entscheidungen. So kann die Lenkungswirkung durch eine starke Erhöhung der Abgaben auf fossile Energieträger schnell greifen. In Finnland konnte so innerhalb weniger Jahre der Anteil der erneuerbaren Energien, vor allem Biomasse, in der Fernwärmeerzeugung deutlich gesteigert werden. In Finnland setzt zudem die gesetzliche Vorgabe zum Kohleausstieg bis 2029 einen klaren Planungshorizont für neue Investitionen.

Eine Lenkungswirkung hin zu einer stärkeren Nutzung von Großwärmepumpen für die Fernwärme ist durch deren anstehende Einstufung als industrielle Stromverbraucher und einer damit verbundenen starken Absenkung der anfallenden Stromsteuer zu erwarten. Eine Abgabentlastung für Großwärmepumpen in Wärmenetzen könnte auch in Deutschland umgesetzt werden.

Starker kommunaler Einfluss auf die Fernwärme erleichtert Wärmeplanung und Dekarbonisierung

In Finnland wird die Wärmenetzplanung wesentlich dadurch erleichtert, dass sich die Wärmenetzbetreiber zum großen Teil im Eigentum der Kommunen befinden – kommunale Wärmeplanung und Ausführung liegen quasi in einer Hand. Die schnelle Steigerung der Umwelt- und Abwärmennutzung in Finnland in nur wenigen Jahren zeigt die mögliche Effektivität der Zusammenarbeit lokaler Akteure. In Deutschland wäre zu klären, wie Kommunen eine ausreichende Kontrolle bzw. Einfluss auf Wärmenetztransmutationspläne und deren Umsetzung erhalten können, auch wenn sie nicht Mehrheitseigentümer sind.

Als kreativer Ansatz ließe sich die in Helsinki erprobte Idee eines Wettbewerbes für die Planung der Wärmenetztransformation auch auf deutsche Städte übertragen. Die dort entwickelten Lösungen zeigen eine Vielzahl von Optionen für eine nicht nur auf Biomasse fokussierte Dekarbonisierung von Wärmenetzen auf.

5 Dänemark

Autor: Benjamin Köhler (Öko-Institut e.V.)

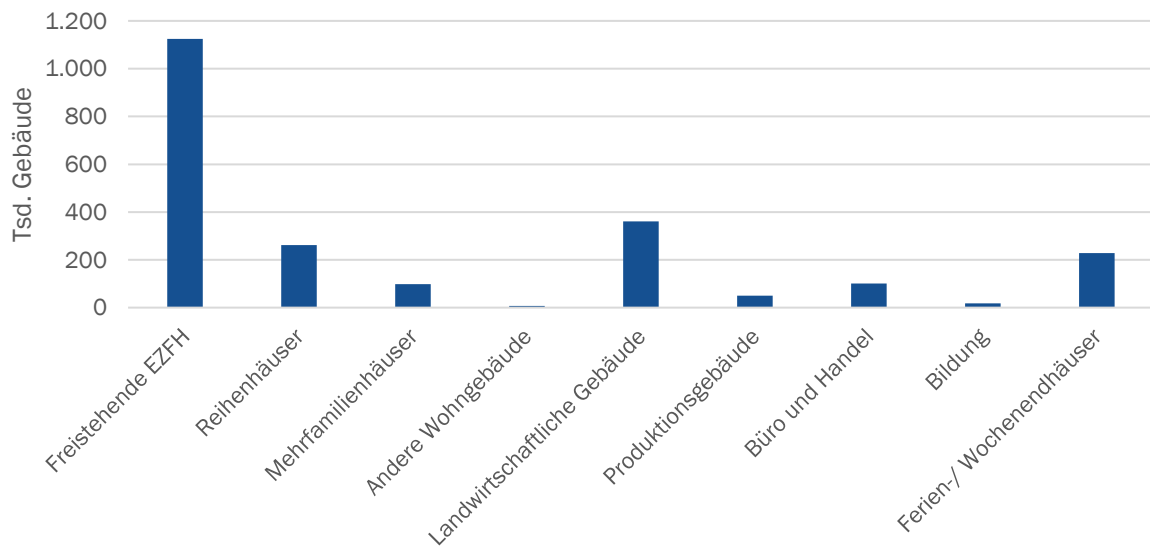
5.1 Kurzüberblick Wärmemarkt Dänemark

Dänemark gilt in Europa oft als Vorreiter bei der Wärmewende. Das Land hat eine sehr lange Erfahrung mit der Wärmeplanung und dem Ausbau der Fernwärme. Beides wurde als Reaktion auf die Ölkrisen 1973 und 1979/1980 etabliert, um die Abhängigkeit des Landes von Ölimporten zu reduzieren. Der erste Wärmeplan wurde 1976 eingeführt (s. (Energistyrelsen 2020)), und mit dem ersten Wärmegesetz wurde 1979 der Rahmen für die Entwicklungen im Wärmebereich beschlossen. Heute ist der Fokus der (kommunalen) Wärmeplanung und des Ausbaus der Fernwärme in erster Linie der Umwelt- und Klimaschutz. Die Wärmeplanung und insgesamt die Politik in Dänemark seit den 1980er Jahren hatte einen starken Fokus auf der Reduktion des (End-)Energiebedarfs für die Gebäudewärme. Der spezifische Endenergiebedarf pro Quadratmeter beheizter Fläche ist dementsprechend um circa 45 % und der Netto-Wärmeverbrauch pro Quadratmeter um annähernd 30 % gegenüber 1975 gesunken (s. (Energistyrelsen 2020)). Allerdings ist die beheizte Fläche in diesem Zeitraum auch um annähernd 60 % gestiegen. In Dänemark hat die Fernwärme einen Anteil von ca. 50 % an der Endenergiebereitstellung für Wärme und Trinkwarmwasser und versorgt nahezu zwei Drittel der Haushalte (vgl. (Danish Energy Agency 2017)).

Gebäudebestand in Dänemark

In Dänemark gibt es aktuell rund 2,25 Millionen Gebäude, die zumindest zeitweise konditioniert werden, darunter rund 1,5 Millionen Wohngebäude und 0,23 Millionen Wochenend- und Ferienhäuser. Eine Übersicht über den Gebäudebestand zeigt Abbildung 13.

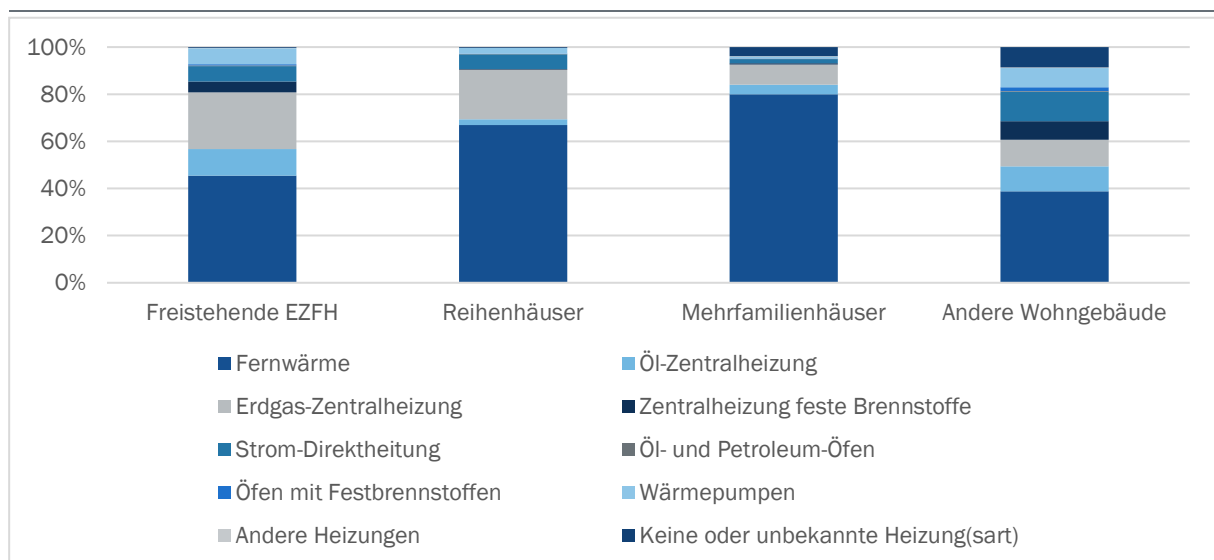
Abbildung 13: Gebäudebestand in Dänemark 2021



Quelle: Eigene Darstellung nach Statistics Denmark (2021a)

Rund 51 % aller Wohngebäude sind aktuell an die Fernwärme angebunden (vgl. Abbildung 14). Den höchsten Anteil hat die Fernwärme bei den Mehrfamiliengebäuden (rund 80 %). Ölheizungen haben in freistehenden EZFH noch einen Anteil von über 10 %, insgesamt aber nur noch 9 %. Auch Erdgasheizungen spielen vor allem in EZFH (freistehend und gereiht) noch eine wichtige Rolle (> 20 %), während sie in Mehrfamilienhäusern nur einen Anteil von unter 10 % haben.

Abbildung 14: Beheizungsstruktur der Wohngebäude in Dänemark 2021

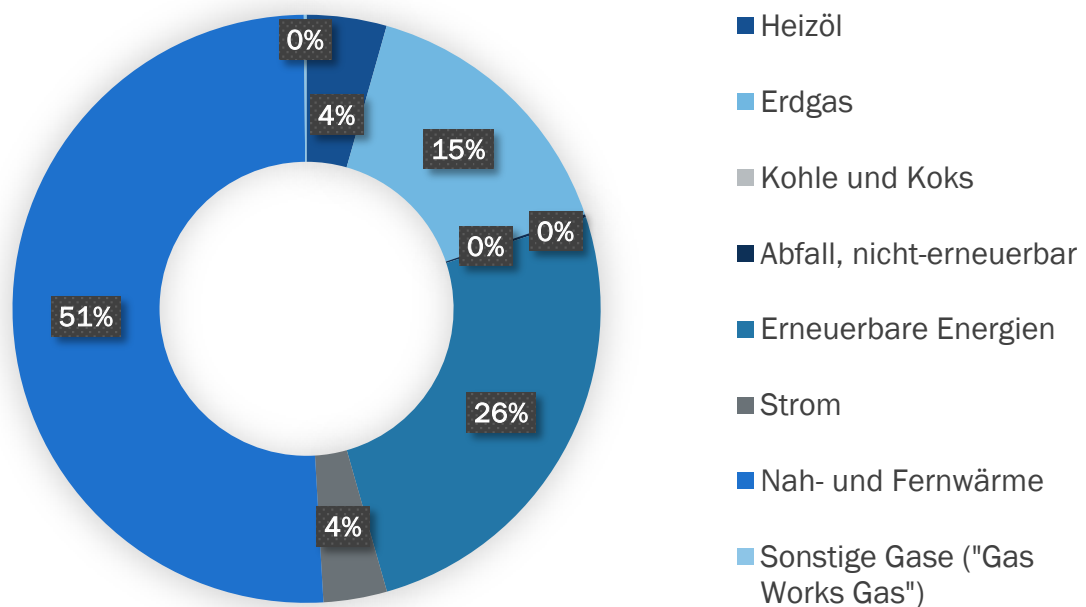


Quelle: Eigene Darstellung nach (Statistics Denmark 2021b)

Eingesetzte Technologien und Energieträger

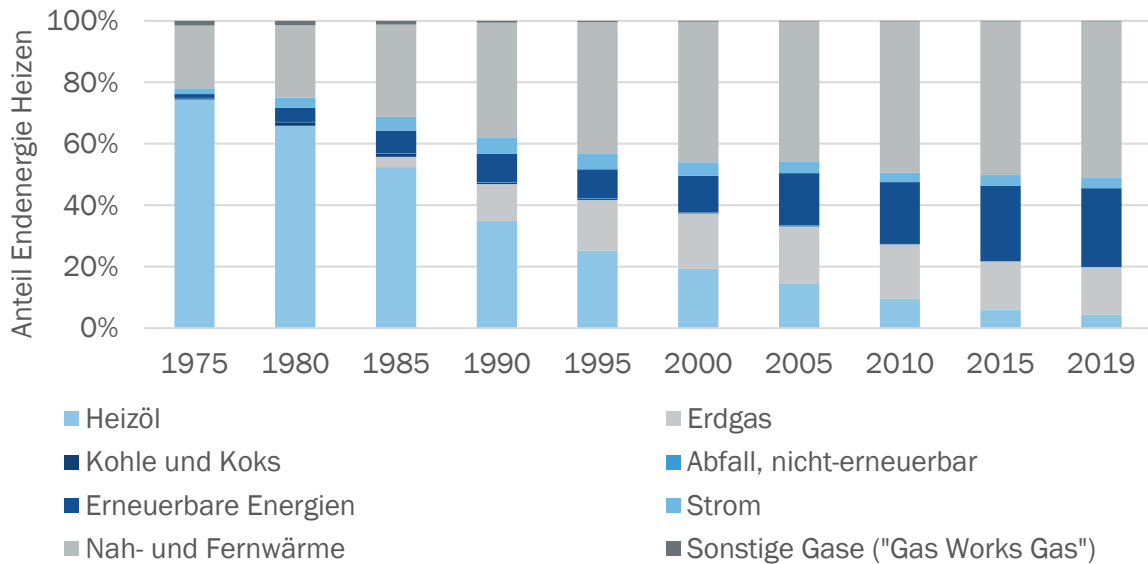
Abbildung 15 zeigt den Anteil der Energieträger am Endenergieverbrauch für Raumwärme im Jahr 2019. Nah- und Fernwärme haben einen Anteil von 51 %. Erneuerbare Energien haben in Summe einen Anteil von 26 % und Erdgas von 15 % an der Wärmebereitstellung. Die Entwicklung seit 1975 ist in Abbildung 16 dargestellt. Deutlich zu sehen ist der starke Rückgang des Anteils von Heizöl an der Wärmebereitstellung von ca. 75 % 1975 auf 4 % 2019. Nah- und Fernwärme, erneuerbare Energien und Erdgas haben im gleichen Zeitraum deutlich an Bedeutung gewonnen. Der Anteil des Stroms schwankt in dem Zeitraum etwas, ist aber heute nur unwesentlich höher als 1975. Allerdings wurde Strom zunächst in Strom-Direktheizungen genutzt und heute insbesondere in Wärmepumpen. Insgesamt ist der Endenergieverbrauch für die Wärmebereitstellung von 65,5 TWh 1975 auf 54,0 TWh 2019 zurückgegangen. In diesem Zeitraum ist der Heizölverbrauch von 48,7 TWh auf nur noch 2,4 TWh gesunken. Hier zeigt sich deutlich die Fokussierung der Politik im Wärmebereich auf die Reduktion der Abhängigkeit von Ölimporten.

Abbildung 15: Endenergieverbrauch für Raumwärme (ohne Landwirtschaft und Industrie) in Dänemark 2019 nach Energieträger



Quelle: Eigene Darstellung nach Danish Energy Agency (2021a)

Abbildung 16: Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Raumwärme in Dänemark von 1975 bis 2019 nach Energieträger

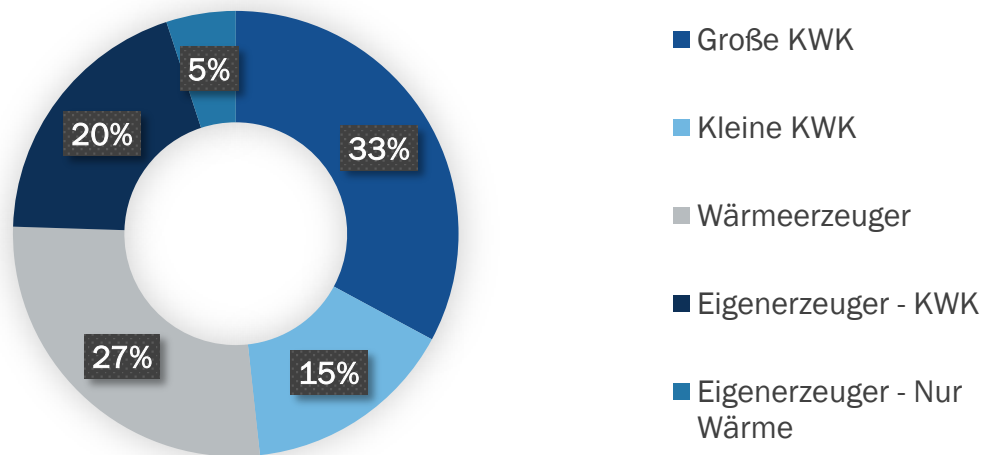


Ohne Landwirtschaft und Industrie.

Quelle: Eigene Darstellung nach Danish Energy Agency (2021a)

Bei der Fernwärmebereitstellung ist der Fokus, Wärme zu nutzen, die ansonsten ungenutzt in die Umwelt abgegeben würde, v.a. aus der Stromerzeugung durch einen Ausbau der KWK: 68 % der Fernwärme werden in KWK-Anlagen erzeugt (s. Abbildung 17). Über 60 % der in Dänemark erzeugten Fernwärme stammt aus erneuerbaren Quellen (v.a. Biomasse) und Abwärme (s. auch Abbildung 18 in Kapitel 3.3).

Abbildung 17: Fernwärmeerzeugung 2019 nach Erzeugungsanlagen



Quelle: Eigene Darstellung nach Danish Energy Agency (2021a)

5.2 Rahmenbedingungen

Die Wärmegesetzgebung in Dänemark, die ihren Anfang im Jahr 1979 als Reaktion auf die internationalen Ölkrisen hat, war und ist zentral für die Entwicklung der Fernwärme und der Wärmebereitstellung insgesamt. Ziel war zunächst, die Abhängigkeit von Ölimporten zu reduzieren und gleichzeitig die nationalen Erdgasressourcen zu nutzen. Das Gesetz enthielt Regularien zur Wärmeplanung und etablierte damit dieses Planungsinstrument. Eine genaue Beschreibung ist unter "Planungsinstrumente" zu finden.

Wichtig für den Erfolg der Fernwärme bzw. von präferierten Wärmetechniken ist die konsistente Gestaltung des gesamten politischen Rahmens, um sicherzustellen, dass Lösungen, die aus gesellschaftlicher Sicht wünschenswert sind, auch für die Akteur:innen wirtschaftlich sind. Teil der Strategie im Wärmemarkt waren daher von Anfang an Verbote bestimmter Heizungstechniken insbesondere in Fernwärme- und/oder erdgasversorgten Gebieten, sowie eine gezielte Steuern- und Abgabengestaltung, um die Wettbewerbsfähigkeit der präferierten Techniken zu erhöhen. Steuern und Abgaben wurden mehrmals angepasst, um auf Preisschwankungen an den internationalen Rohstoffmärkten zu reagieren, v.a. wenn Ölpreise stark gesunken sind. Zuletzt wurde im Energieabkommen von 2018¹¹ (Danish Ministry of Climate Energy and Utilities 2018) eine Anpassung der Besteuerung von Strom beschlossen, um den Einsatz von Wärmepumpen zu fördern. Gleichzeitig wurde mit dem ersten Wärmegesetz den Kommunen die Möglichkeit gegeben, einen Anschluss- und Benutzungszwang in Fernwärmegebieten zu erlassen. Dieser wurde 1982 durch eine Vollzugsverordnung verpflichtend und galt bis 2018: Die Pflicht zum Erlass eines Anschluss- und Benutzungszwangs wurde mit dem Energieabkommen 2018 zum 01.01.2019 aufgehoben, um mehr Wettbewerb im Wärmebereich zu ermöglichen.

¹¹ Das Energieabkommen aus dem Jahr 2018 ist ein Abkommen der dänischen Regierung mit allen Parteien, das den Rahmen für die Entwicklungen im Energiesektor für die nächsten Jahre vorgibt.

Ein zentraler Erfolgsfaktor für die Fernwärme in Dänemark ist der wettbewerbsfähige Preis. Dieser resultiert zum einen aus dem gesetzlichen Rahmen und der Besteuerung verschiedener Energieträger, zum anderen aus dem Verbot, mit der Fernwärme Gewinne zu erwirtschaften. Die meisten Wärmenetze in Dänemark sind in öffentlichem Besitz (Kommunen, Kommunale Unternehmen) und ca. ein Drittel ist im Besitz von lokalen Kooperativen bzw. Genossenschaften. Erlöse aus der Fernwärme dürfen damit nicht für andere Aktivitäten genutzt, bzw. ausgeschüttet werden. Ein weiterer Faktor ist die Betrachtung der Lebenszykluskosten bzw. der Wärmegestehungskosten beim Vergleich verschiedener Optionen, anstatt kürzere Betrachtungszeiträume oder nur die Investitionskosten in diese Vergleiche einzubeziehen. Anzusetzende Kosten und Vorgaben zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit verschiedener Optionen sind in Technologiekatalogen, die u.a. im Rahmen der Wärmeplanung genutzt werden müssen, zusammengefasst. Diese werden von der dänischen Energieagentur veröffentlicht und regelmäßig unter Beteiligung verschiedener Stakeholder aktualisiert¹².

Mit dem Energieabkommen aus dem Jahr 2018 wurden einige Rahmenparameter stark geändert. Das Abkommen stellt den marktgetriebenen grünen Wandel in den Mittelpunkt. Ziel ist es, die Ziele des Abkommens von Paris und damit Netto-Null Emissionen bis 2050 möglichst kostengünstig zu erreichen. Teil der Vereinbarung ist der Kohleausstieg bis 2030. Darüber hinaus steht im Wärmebereich die „Technologieoffenheit“ im Fokus. Für den Wärmebereich sind insbesondere folgende Punkte relevant (Näheres s. Wärmewende in Dänemark – Instrumentenüberblick):

- Fernwärmebereitstellung: bis 2030 mindestens 90 % der Fernwärme aus anderen Quellen/ Energieträgern als Kohle, Öl oder Gas
- Keine Pflicht mehr für Kommunen, einen Anschluss- und Benutzungszwang zu erlassen
- Reduktion der Steuern auf Strom
- Restrukturierung der Nutzung von Abwärme (insbesondere finanzielle Förderung/ Unterstützung)
- Modernisierung des Wärmebereichs und Abmilderung der Auswirkungen der Abschaffung der "Basissubvention"¹³
- Steigerung der Energieeffizienz

Teil des Energieabkommens ist, dass die vorhandenen dänischen Öl- und Gasressourcen in der Nordsee weiter genutzt werden sollen.

5.3 Wärmewende in Dänemark – Instrumentenüberblick

Den Rahmen für die aktuelle und zukünftige Instrumentierung im Wärmebereich geben zum einen europäische Richtlinien, zum anderen das Energieabkommen vor. Im Energieabkommen werden allgemeine Ziele zur Energienutzung und -bereitstellung sowie zur Emissionsminderung festgelegt. Darüber hinaus enthält das Abkommen spezifische Ziele und Leitplanken u.a. für den Ausbau erneuerbarer Energien, Energiebedarfsreduktion, die Besteuerung und die Modernisierung des Wärmebereichs.

Teil des Energieabkommens ist die Modernisierung des Wärmebereichs und Abmilderung der Auswirkungen der Abschaffung der "Basissubvention". In diesem Kontext wurde beschlossen, die

¹² <https://ens.dk/en/our-services/projections-and-models/technology-data>

¹³ Die Basissubvention wurde früh im Kontext der Wärmepolitik in Dänemark eingeführt, um die Wirtschaftlichkeit v.a. kleiner Erdgas-KWK-Anlagen zu gewährleisten. Sie unterstützte den Betrieb dieser Anlagen.

Produktionsverpflichtungen für KWK-Anlagen sowie die Nutzungspflichten für Erdgas abzuschaffen. Ziel ist es, durch mehr Freiheiten für Energieversorgungsunternehmen und private Investor:innen den Zugang zu grüner und günstiger Wärme zu fördern, u.a. auch durch die Senkung der Stromsteuer, da Wärmepumpen als wichtigste Technik für die Dekarbonisierung des Wärmebereichs gesehen werden. Es wird erwartet, dass diese Entscheidungen auch auf existierende Anlagen wirtschaftliche Auswirkungen haben werden. Daher sind verschiedene Mechanismen vorgesehen, um z.B. Stranded Assets zu managen oder vorübergehend steigende Wärmekosten abzufedern.

CO₂-Bepreisung

In Dänemark sind alle Energieträger außer Biomasse, die für die Beheizung von Gebäuden eingesetzt werden, mit hohen Energie- und CO₂-Steuern belastet. Die CO₂-Bepreisung wurde 1992 eingeführt. Dies betrifft in erster Linie Heizölprodukte, Erdgas, aber auch Strom, der für die Beheizung genutzt wird. Die Besteuerung und damit Preissignale haben zu einem großen Teil zu den Energieverbrauchsreduktionen der vergangenen 20 bis 25 Jahre beigetragen. Die Energie- und CO₂-Steuern summieren sich auf ca. 65 Dänische Kronen pro Giga-Joule (DKK/GJ). Dies entspricht Kosten von 8,74 €/GJ¹⁴, bzw. ca. 0,03 €/kWh¹⁵. Die Belastungen für Strom sind mit 43 DKK/GJ (0,02 €/kWh) 2021 etwas niedriger als für Gas und Heizöl.

Eine Lenkungswirkung soll in Dänemark nicht nur direkt über eine CO₂-Steuer erreicht werden, sondern über ein Zusammenspiel verschiedener Steuern und Abgaben, die sich ebenfalls an der CO₂-Intensität und dem politischen Willen hinsichtlich der Nutzung verschiedener Energieträger orientieren. Im Dänischen Kontext wird daher i.d.R. von „effektiven Kohlenstoffpreisen“ gesprochen, die verschiedene Komponenten der Energiepreise summieren. Nach (OECD 2021) setzen sich die effektiven Kohlenstoffpreise in Dänemark größtenteils aus Verbrauchssteuern und zu einem kleinen Teil aus CO₂-Steuern zusammen. In den Sektoren private Haushalte und Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) summieren sich die effektiven Kohlenstoffpreise auf rund 170 €/tCO₂. Insgesamt werden ca. 61 % aller CO₂-Emissionen bepreist, 39 % mit einem effektiven CO₂-Preis von über 60 €/tCO₂. Nach (Jacobsen 2020) beträgt der Preis für eine Tonne CO₂-Äquivalent derzeit 170 DKK (rund 22,87 €/tCO_{2-eq.}; vgl. auch (World Bank 2020)). Nach (World Bank 2020) werden durch die CO₂-Steuer rund 40 % der Emissionen erfasst. Die Steuer ist für fossile Energieträger wie Heizöl fällig und variiert je nach emittierten Treibhausgasen. Bislang ist die Steuer unterschiedlich hoch in den verschiedenen Sektoren. Darüber hinaus sind weitere Emissionen durch den Europäischen Emissionshandel ETS erfasst.

Nach (Danish Council on Climate Change 2021) wurde Ende 2020 eine „grüne“ Steuerreform beschlossen. In diesem Zuge soll die Besteuerung der CO₂-Emissionen in den verschiedenen Sektoren harmonisiert werden. Eine Expert:innengruppe soll ein entsprechendes Modell ausarbeiten. Langfristige Entwicklungen sollen dabei berücksichtigt werden, um schon heute Investitionssicherheit zu schaffen.

Mindesteffizianzorderungen – MEPS

Explizite Anforderungen bzw. Vorgaben bezüglich der energetisch schlechtesten Gebäude (“minimum energy performance standard (MEPS)”) gibt es nicht. In diesem Kontext wird in (Energistyrelsen 2020) lediglich auf die Informationen in den zu erstellenden Energieausweisen

¹⁴ Angenommener Wechselkurs von 0,1345 €/DKK abgerufen am 19.03.2021 unter https://www.finanzen.net/waehrungsrechner/daenische-krone_euro

¹⁵ Zum Vergleich: dies entspricht etwa 30ct/l für Heizöl

verwiesen. Unabhängig davon sind minimale Anforderungen an neue Gebäude sowie Sanierungen entsprechend der Europäischen Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Directive on the energy performance of buildings, EPBD) definiert. Die definierten Minimalanforderungen berücksichtigen dabei die Anforderung der Kostenoptimalität. Dementsprechend ist im Dänischen Gebäudeenergierecht verankert, dass im Rahmen von größeren Instandsetzungsmaßnahmen (z.B. Verputzen der Hülle, Erneuerung des Dachs) wirtschaftliche Maßnahmen zur Energieeinsparung (Dämmung) ergriffen werden müssen (s. (Energistyrelsen 2020)). Dadurch wird gewährleistet, dass energetische Maßnahmen an der Gebäudehülle zu dem Zeitpunkt durchgeführt werden, zu denen sie am kostengünstigsten sind. Im Bereich der Neubauten und Sanierungen hat Dänemark mit die höchsten Anforderungen in Europa an den Primärenergieverbrauch von nahezu Nullenergiegebäuden: in Wohngebäuden 20 kWh/m²a und in Nichtwohngebäuden 25 kWh/m²a (s. (BPIE 2015)).

Über 50 % des Endenergieverbrauchs für Heizung wird in Einfamilienhäusern verbraucht. Diese stehen daher auch im Zentrum eines Förderprogramms zur Energieeinsparung in Gebäuden, das 2018 beschlossen wurde und für den Zeitraum 2021 bis 2024 gilt (s. (Energistyrelsen 2020)). Teil des Programms ist eine Positivliste von förderfähigen Maßnahmen, und es sind Vorgaben für die Situation (insbesondere den Energiebedarf) nach der Sanierung festgelegt. Ziel ist, die zur Verfügung stehenden Mittel insbesondere in Tiefensanierungen zu lenken und dabei v.a. Sanierungen mit dem höchsten Einsparpotenzial prioritär anzustoßen. Das Programm zielt damit auf die Reduktion des Energieverbrauchs in den energetisch schlechtesten Gebäuden ("least energy efficient segments of the building stock"). Die Fördergelder werden in offenen Ausschreibungen vergeben. Dabei können Sanierungswillige die Einsparung einer bestimmten Energiemenge zu einem festgelegten Preis anbieten. Die Angebote mit den höchsten spezifischen Energieeinsparungen (kWh/m²) und welche die wirtschaftlichen Einsparpotenziale am weitesten ausschöpfen bekommen einen Zuschlag. Für den Gebäudebereich stehen jährlich 200 Mio. DKK zur Verfügung (26,9 Mio. €). Zusätzlich wurde ein Programm zur Sanierung von kommunalen/ öffentlichen Gebäuden aufgelegt.

Erneuerbare Energien in der dezentralen Gebäudeversorgung/ Phase-Out fossiler Energieträger

Seit Beginn der Wärmegesetzgebung in den 1970er Jahren gab es in Dänemark immer wieder Fokussierungen und damit verbundene Unterstützungsprogramme für bestimmte Heiztechniken. In den Anfangsjahren lag der Fokus auf der Reduktion der Abhängigkeit von Ölimporten und der Nutzung heimischen Erdgases. Später wurden Stromheizungen in neuen Gebäuden verboten. Das Verbot ist später auf Bestandsgebäude mit einem wassergeführten Heizungssystem ausgeweitet worden¹⁶. Mittlerweile liegt der Fokus auf dem Ersatz von Öl- und Gaskesseln und der Verbreitung von Wärmepumpen insbesondere in Gebieten, die nicht an ein Wärmenetz angeschlossen sind und dies auch in absehbarer Zeit nicht werden. Ziel ist es, die Nutzung fossiler Energieträger in der Gebäudewärme sukzessive zu beenden.

Die dänische Gebäuderichtlinie von 2018 (Bygningsreglementet 2018) schreibt fest, dass die Heizung von Gebäuden auf erneuerbaren Energien basieren muss. Ausnahmen hiervon sind, dass Gebäude in einem fernwärmeversorgten Gebiet diese nutzen können und Gebäude in einem erdgasversorgten Gebiet mit einer Baugenehmigung vor 2013 Erdgas für die Gebäudeheizung nutzen dürfen. 2013 wurde der Einbau von Öl- und Gaskesseln in neuen Gebäuden verboten (s. (Rubczyński et al. 2018)). Dieses strikte Verbot wurde allerdings u.a. wegen Bedenken der EU-Kommission mit der nächsten Novelle der Gebäuderichtlinie wieder aus dem Gesetzestext herausgenommen. Allerdings wirkt die grundsätzliche Festlegung, dass Gebäude mit

¹⁶ In ganz neuen Niedrigstenergiegebäuden gilt das Verbot nicht mehr

erneuerbaren Energien beheizt werden müssen, ähnlich wie ein Verbot fossiler Kessel. Diese grundsätzliche Festlegung gilt sowohl für neue als auch für bestehende Gebäude, wenn in diesen die Heizung erneuert wird. In Bestandsgebäuden müssen bei einer Erneuerung der Heizung erneuerbare Energien bis zu einem technisch möglichen und finanziell tragbaren Level integriert werden. Wenn Gebäudeeigentümr*innen bei der Erneuerung der Heizung in Bestandsgebäuden weniger als 100 % erneuerbare Energien nutzen (möchten), müssen sie nachweisen, dass sie bei ihren finanziellen Möglichkeiten das technisch mögliche umgesetzt haben und so viel erneuerbare Energien wie möglich nutzen. Ausgenommen von den genannten Pflichten zur Nutzung erneuerbarer Energien für die Gebäudeheizung sind lediglich Kirchen, denkmalgeschützte und anderweitig schützenswerte Gebäude.

Kesselaustauschprogramm: Für die Verbreitung von Wärmepumpen stellten die hohen Anfangsinvestitionen eine Barriere dar. Die dänische Regierung hat daher ein Austauschprogramm aufgesetzt, durch das zunächst Ölkessel in Gebieten außerhalb von Fernwärmegebieten ausgetauscht werden sollten, das sog. "heat pumps on subscription"-Programm. 2020 wurde das Programm auf Gaskessel ausgeweitet (Danish Energy Agency 2021b). Wärmepumpen werden in dem Programm nicht von privaten Eigentümer:innen installiert, sondern von Unternehmen, die letztlich als Contractoren/ Contractingnehmer:in für private Eigentümer:innen auftreten. Die Contractoren erhalten pro installierter Wärmepumpe einen Zuschuss, und die Anschlussnehmenden bezahlen eine Anschlussgebühr sowie die laufenden Kosten in Abhängigkeit von ihrem Verbrauch.

Zusätzlich wurde für die Zeit 2021 bis 2024 ein Programm zum Ersatz von Ölkesseln in Privatgebäuden außerhalb einer gemeinsamen Versorgung aufgelegt (kein Fernwärme- oder Erdgasgebiet). Darin stehen von 2021 bis 2024 jährlich 20 Mio. DKK zur Verfügung (2,69 Mio. €). Mittelfristig sollen Ölkessel in Gebieten ohne Fernwärme- oder Gasnetz durch Wärmepumpen ersetzt werden.

Um darüber hinaus die Wettbewerbsfähigkeit von Wärmepumpen zu erhöhen, ist im Energieabkommen von 2018 beschlossen worden, die Steuern auf Strom zu reduzieren. Dies soll auch dazu beitragen, Einkommensunterschiede und Belastungen zu reduzieren, da insbesondere Personengruppen mit niedrigem Einkommen entlastet werden. Die Stromsteuern sollen in Zukunft flexibel sein, z.B. unterschiedlich je nach Tageszeit, wodurch auch die Flexibilität im Energiesystem insgesamt angereizt werden soll. Die genaue Ausgestaltung ist allerdings noch offen und soll geprüft werden.

Die Steuer für Strom für das Heizen wurde zum Jahr 2021 um 0,152 DKK/kWh (0,0204 €/kWh) auf 0,155 DKK/kWh (0,0208 €/kWh)¹⁷ (Preise 2018) reduziert. Darüber hinaus wurde beschlossen die allgemeine Stromsteuer sukzessive zu senken: um 0,04 DKK/kWh in der Zeit 2019-2022, 0,07 DKK/kWh 2023, 0,08 DKK/kWh 2024 und 0,14 DKK/kWh 2025 (Preise 2018). 2025 wird die allgemeine Stromsteuer dann 0,774 DKK/kWh (0,1 €/kWh) betragen.

Wärmenetze

Circa zwei Drittel der dänischen Haushalte sind an die Fernwärme angeschlossen, und ca. 50 % der Endenergie für Heizung und Warmwasser wird mittels Fernwärme bereitgestellt. Ein Fokus der Fernwärmeerzeugung in Dänemark war von Anfang an die Bereitstellung mittels KWK, v.a. in den großen Netzen. Neben Kohle sollte dabei insbesondere Erdgas aus nationalen Quellen genutzt

17 Wechselkurs 0,1345 €/DKK abgerufen am 19.03.2021 unter https://www.finanzen.net/waehrungsrechner/daenische-krone_euro

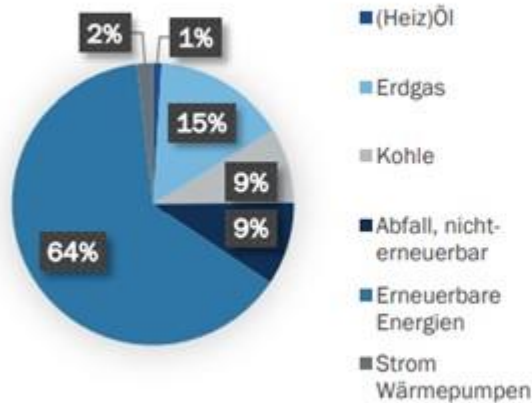
werden. Darüber hinaus spielte Biomasse seit der Einführung des ersten Wärmegesetzes 1979 eine wichtige Rolle bei der Fernwärmebereitstellung. Die Nutzung von Kohle soll bis 2030 beendet werden (s. (Rubczyński et al. 2018)).

Im Energieabkommen von 2018 wurde beschlossen, dass der Anteil erneuerbarer Energien in der Fernwärme sukzessive erhöht werden soll: bis 2030 sollen mindesten 90 % der Fernwärme nicht mehr aus Quellen bzw. Energieträgern wie Kohle, Öl oder Gas stammen. Der Anteil erneuerbarer Energien soll bis 2035 auf 100 % steigen. 2019 hatten erneuerbare Energien – v.a. feste Biomasse (Holz und teilweise Stroh) – schon einen Anteil von über 60 % an der Fernwärmebereitstellung (vgl. Abbildung 18). Um das Ziel zu erreichen, wurde die mit der Basissubvention verbundene Produktionsverpflichtung für KWK-Anlagen in kleinen Fernwärmenetzen (Wärmeabgabe <200 TJ) 2019 abgeschafft. Ziel ist es, Wärmepumpen in Wärmenetzen zu etablieren. Es soll sichergestellt werden, dass nur in Ausnahmefällen auf Biomasse umgestellt wird. Um den Einsatz von Wärmepumpen zu fördern, wurden die Kalkulations- und Wärmenutzungsregeln an die Regeln für industrielle Abwärme, Geothermie, Solarthermie sowie Biogas- und Biomasseanlagen angepasst. Damit sollen Wärmepumpen unter gleichen Rahmenbedingungen mit den genannten Anlagen konkurrieren und nicht mehr schlechter gestellt sein. Über eine Ausweitung der Abschaffung der Produktionsverpflichtungen auf mittlere und große Fernwärmesysteme soll nach einer Evaluierung der Erfahrungen mit den kleinen Netzen entschieden werden.

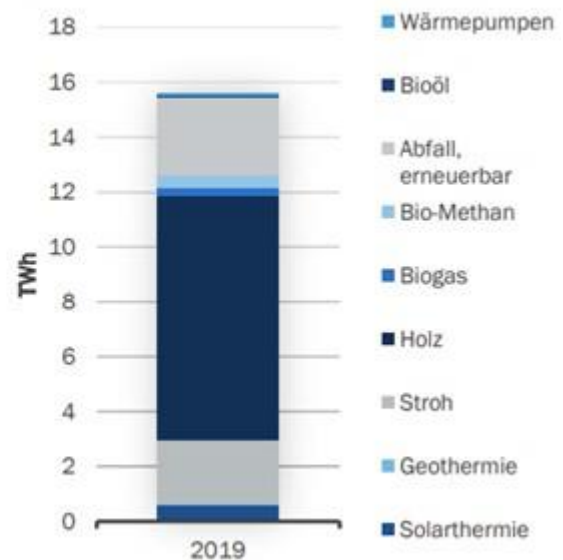
Die Fernwärmeversorgung soll darüber hinaus weiter ausgebaut werden. Seit rund 10 Jahren werden sukzessive bislang erdgasversorgte Gebiete auf die Fernwärmeversorgung umgestellt. Gleichzeitig wurde allerdings im Energieabkommen von 2018 beschlossen, dass es in neuen Fernwärmegebieten keinen Anschluss und Benutzungszwang mehr geben soll und eine Ausweitung dieses Beschlusses auf bestehende fernwärmeversorgte Gebiete geprüft wird, sofern der Fernwärmeanschluss durch eine dezentrale Versorgung z.B. mit Wärmepumpen mit erneuerbaren Energien ersetzt wird. Als Reaktion auf das Ende des Anschluss- und Benutzungszwangs bieten Fernwärmeunternehmen nun teilweise Vergünstigungen bei Neuanschlüssen an, z.B. verbilligte Anschlusskosten und in der ersten Zeit auch niedrigere Wärmepreise.

Abbildung 18: Fernwärmeerzeugung 2019 nach Energieträgern: gesamte Erzeugung (links) und erneuerbare Energien (rechts)

Fernwärmeerzeugung gesamt



Erneuerbare Energien



Quelle: Eigene Darstellung nach Danish Energy Agency (2021a)

Planungsinstrumente

Mit dem ersten Wärmegesetz 1979 wurde die Wärmeplanung in Dänemark als zentrales Planungsinstrument etabliert. Im Folgenden werden die wesentlichen Merkmale zusammengefasst.

Die 1979 eingeführte Planungspflicht wurde in mehrere Schritte unterteilt. Zunächst mussten die Kommunen den aktuellen Wärmebedarf sowie die Wärmebereitstellungstechniken und Energiemengen (Brennstoffe) erfassen. Darüber hinaus waren sie aufgefordert, Abschätzungen bezüglich der zukünftigen Entwicklung des Wärmebedarfs und möglicher künftiger Versorgungsvarianten zu machen. Die von den Kommunen zur Verfügung gestellten Informationen wurden von den regionalen Behörden (Landkreisen) genutzt, um den aktuellen Stand auf regionaler Ebene zu erfassen. Die Landkreise erstellten anhand der Informationen Szenarien für die zukünftige Entwicklung und regionale Wärmepläne. Die Wärmepläne identifizierten:

- die Priorität der Wärmeversorgungsoptionen in einem bestimmten Gebiet
- die Standorte für zukünftige Wärmeversorgungseinheiten und -netze.

Bestandteil war auch das sog. "Zoning". Demnach wurden Gebiete definiert, in denen eine bestimmte Versorgungsvariante prioritär entwickelt werden sollte. So wurden Fernwärme- und Erdgasversorgungsgebiete definiert. Das Zoning und die Entwicklung erfolgte dabei in Kooperation mit lokalen Energieversorgungsunternehmen. Die so entwickelten Wärmepläne sind

seither fester Bestandteil der lokalen und regionalen Entwicklung, werden regelmäßig fortgeschrieben und an neue Entwicklungen angepasst.

Die Wahl der Versorgungstechnik musste von Anfang an anhand einer Betrachtung der volkswirtschaftlichen bzw. sozioökonomischen Kosten getroffen werden. Um dabei die Vergleichbarkeit zu gewährleisten und sicherzustellen, dass bestimmte Varianten nicht "schöngerechnet" werden, und auch, um den lokalen Akteur:innen eine entsprechende Kostenbetrachtung überhaupt zu ermöglichen, wurde ein Technikkatalog entwickelt. Dieser wird in regelmäßigen Abständen fortgeschrieben und beinhaltet alle für die Berechnungen relevanten technischen und wirtschaftlichen Parameter der in Frage kommenden Versorgungsvarianten. Diese Parameter sind zwingend bei der Erstellung von Wärmeplänen und bei Vergleichen zwischen Versorgungsvarianten zu nutzen. Diese Vergleichbarkeit erhöht die Planungsqualität und Akzeptanz.

Sonstiges

Darüber hinaus gibt es in Dänemark verschiedene Möglichkeiten der Umlage von Sanierungskosten bei privat vermieteten Wohnungen, um das Vermieter:innen-Mieter:innen-Dilemma zu adressieren. Die Umlagemöglichkeiten sind zum Teil abhängig von der Effizienzklasse eines Gebäudes (vgl. (Energistyrelsen 2020)):

- Bei Gebäuden, die vor 1991 errichtet wurden, haben Vermietende die Möglichkeit, die Miete von einem kostenbestimmten Mietniveau auf ein wertorientiertes Mietniveau¹⁸ zu erhöhen, sofern die Gebäude die Energieeffizienzklasse A-D aufweisen. Diese Option gilt nur für Mietverhältnisse in Objekten, die zum Zeitpunkt der Anmietung u.a. eine Energieeffizienzklasse von A-D aufweisen.
- Berechnung einer verbesserungsbasierten Mieterhöhung entsprechend nationaler Vorschriften (Umlage der gesamten Kosten, die mit wirtschaftlich vertretbaren energetischen Modernisierungen zusammenhängen; damit ähnlich der Modernisierungsumlage in Deutschland). Grundlage ist dabei die Gesamtheit der Kosten, die über den kompletten Lebenszyklus anfallen (total cost of ownership).
- "Vereinbarte grüne Stadterneuerung" (Agreed green urban renewal) für energetische Sanierungen von privaten Mietgebäuden: Die Regelung ermöglicht eine Mieterhöhung durch Vereinbarung zwischen den Parteien. Dabei wird die Mieterhöhung auf der Grundlage der vereinbarten und belegten Gesamtkosten der energetischen Modernisierung berechnet. Die Mieterhöhung kann die die ansonsten nach den üblichen Regeln des Mietrechts möglichen Mieterhöhung übersteigen.

Im Bereich des öffentlichen Wohnbaus gibt es darüber hinaus ein Pilotprogramm, in dessen Rahmen die Wärmekosten anhand der gemessenen Innenraumparameter (Temperatur, Luftfeuchte und CO₂-Gehalt) umgelegt werden. Damit soll ein Anreiz geschaffen werden, für ein gutes Innenraumklima zu sorgen, da dies positive Auswirkungen auf die Gesundheit hat.

¹⁸ Kostenbestimmtes Mietniveau: Mieterhöhungen sind auf Basis der Sanierungskosten möglich, Anpassungen an ggf. gestiegene Preise/ Werte sind aber nur bedingt möglich (ähnlich wie in Deutschland); wertorientiertes Mietniveau: Orientierung der Miete am aktuellen Marktwert einer Immobilie

5.4 Lessons learned und Übertragbarkeit auf Deutschland

Die Wärmeplanung ist in Dänemark seit Jahrzehnten ein erfolgreiches und wichtiges Instrument, um den Wärmebereich strategisch zu entwickeln. Sie bietet Investitions- und Planungssicherheit für alle beteiligten Akteur:innen. Die Gestaltung als rollierender Prozess gewährleistet, dass auf sich verändernde Rahmenbedingungen reagiert werden kann. Die Verankerung der Wärmeplanung in weiten Teilen Deutschlands kann ein wichtiges Instrument sein, um die Dekarbonisierung in Deutschland zu unterstützen.

Die Steuern- und Abgabenpolitik in Dänemark wird schon seit vielen Jahren aktiv dafür genutzt, gewünschten Technologien und Energieträgern den Markteintritt zu erleichtern und deren Markthochlauf zu unterstützen. Die jüngsten Anpassungen bei der Besteuerung von Strom sollen die Verbreitung von Wärmepumpen sowohl in der zentralen Versorgung von Gebäuden (Fernwärme) als auch dezentral in Gebäuden zu unterstützen. Auch in Deutschland sind die hohen Strompreise ein zentrales Hemmnis für die Verbreitung von Wärmepumpen. Um die Wettbewerbsfähigkeit von Wärmepumpen zu erhöhen, sollten die Marktbedingungen durch eine Anpassung der Steuern- und Abgabensystematik verbessert werden. Die Einführung des nationalen Emissionshandels auf fossile Brennstoffe im Verkehrs- und Wärmebereich ist ein Schritt in die richtige Richtung, die Strompreise sollten aber noch weiter gesenkt werden.

Bei der Umstellung der Fernwärmeerzeugung auf erneuerbare Energien wurde in Dänemark zunächst stark auf Biomasse gesetzt. Dies stellt das Land mittlerweile vor größere Probleme v.a. bei der Beschaffung nachhaltiger Biomasse. Daher soll nun verstärkt auf andere erneuerbare Energien, wie Wärmepumpen, gesetzt werden. Um ähnliche Herausforderungen in Deutschland zu vermeiden sollte von Anfang an ein breiter Energieträger- und Technologiemix in der Fernwärmeerzeugung angestrebt werden.

6 Frankreich

Autorin: Uta Weiß (ifeu)

6.1 Kurzübersicht Wärmemarkt Frankreich

Frankreich hat den Weg zum Ziel der Klimaneutralität 2050 mit einer Reihe von Zwischenzielen unterlegt. In der Wärmeversorgungsstruktur und im Verbrauch zeichnen sich bislang jedoch nur geringe Entwicklungen ab; in den letzten Jahren hat die Wärmewende in Frankreich weitgehend stagniert. Strom ist der wichtigste Energieträger in der Wärmeversorgung (vor allem in Nichtwohngebäuden), gefolgt von Erdgas. Erneuerbare Energien kommen vor allem in Wohngebäuden in Form von Biomasse zum Einsatz. Der Heizöleinsatz ist zwar gesunken, der Anteil von Heizöl bleibt aber in Wohn- und Nichtwohngebäuden oberhalb von zehn Prozent. Wärmenetze spielen bislang nur eine marginale Rolle, konnten aber seit 2009 relativ hohe Wachstumsraten erreichen.

In der für die Wärmewende relevanten Gesetzgebung gab es hingegen in den letzten Jahren eine deutliche Dynamik. So trat 2019 eine Verordnung in Kraft, nach der Nichtwohngebäude ihren Weg zu schrittweisen individuellen Endenergieverbrauchsreduzierungen nachweisen müssen. 2021 folgte eine Reihe von Mindestenergieeffizienzanforderungen an Wohngebäude im Bestand, die für die schlechtesten Energieklassen zu Vermietungsverboten führen. Außerdem wurden die Umwelt- und Energieanforderungen an neue Gebäude grundlegend überarbeitet: ab 2022 unterliegen neue Gebäude nun schrittweise verschärften Anforderungen an Klimarelevanz der Gebäudehülle und an Energieverbrauch. Im Ergebnis führen die neuen Anforderungen zu einem weitgehenden Phase-Out fossil befeuerter Heizungen, beginnend mit neuen Einfamilienhäusern.

Gleichzeitig jedoch wurden aus politischen Überlegungen zentrale Instrumente der Wärmewende ausgebremst. So ist die ursprünglich ambitionierte CO₂-Bepreisung inzwischen dauerhaft auf dem Niveau von 2018 eingefroren; nach Protesten angedachte Reformen der CO₂-Bepreisung fanden nicht statt. Auch eine schon öffentlich konsultierte Verordnung zum Ausstieg aus mit Öl und Kohle befeuerten Kesseln im Gebäudebestand wurde nicht zur Verabschiedung gebracht. Ob dies vor den Präsidentschaftswahlen 2022 noch erfolgen wird, ist unklar.

Insofern zeigt sich insgesamt ein gemischtes Bild der französischen Wärmewende, mit einer zwischen Ambition und Verharren wechselnden Gemengelage. Zudem sind wesentliche Instrumente so neu, dass noch keine Erfahrungen zu ihrer Wirksamkeit vorliegen.

Gebäudebestand in Frankreich

In Frankreich gibt es rund 36 Mio. Wohneinheiten, davon sind 55 % Einfamilienhäuser, die übrigen befinden sich in Mehrfamilienhäusern. Gut 80 % der Wohneinheiten werden als Hauptwohnsitze genutzt¹⁹ (INSEE 2021)²⁰. Besonderheit (Kontinental-)Frankreichs ist die große Bandbreite der klimatischen Verhältnisse: Über die Hälfte der Wohneinheiten befinden sich im Zentrum und Nordosten Frankreichs mit (ähnlich wie in Deutschland) längeren Heizperioden. Demgegenüber ist das

¹⁹ Angaben für Kontinentalfrankreich ohne Überseegebiete

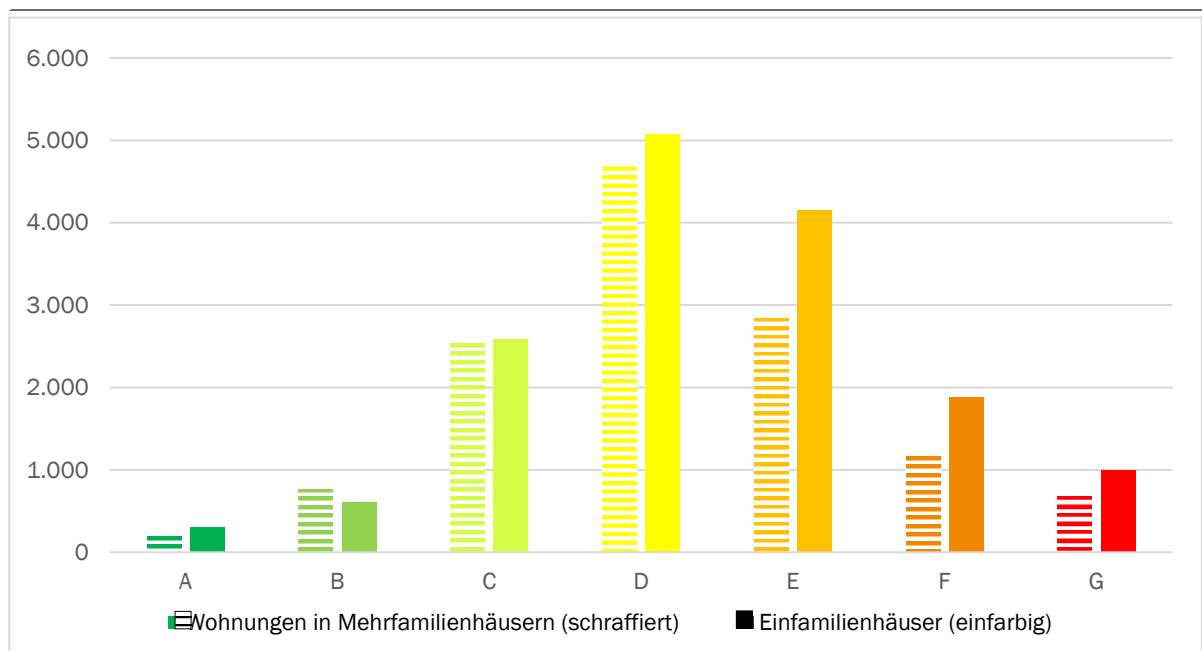
²⁰ Die Wohngebäudestatistik in Frankreich fußt zum größten Teil auf Wohneinheiten statt auf Gebäuden und ist daher nicht direkt mit Deutschland vergleichbar

Klima im Südwesten deutlich milder, die Heizperioden kürzer. Ein kleiner Teil der Gebäude steht in der Mittelmeerregion mit ihren höheren Temperaturen, hoher Bedeutung des sommerlichen Wärmeschutzes und sehr kurzen Heizperioden (LTRS France 2020).

Der französische Gebäudebestand ist vergleichsweise ineffizient. Eine Auswertung von Daten französischer Energieausweise zeigt, dass nur knapp 7 % der Hauptwohnsitze in die Energieklassen A und B fallen (siehe Abbildung 19). Fast 17 % hingegen – und damit etwa 4,8 Mio. Wohneinheiten – fallen in die schlechtesten Klassen F und G. Einfamilienhäuser sind tendenziell noch etwas ineffizienter als Mehrfamilienhäuser (Merly-Alpa et al. 2020, siehe Abbildung 19). Zu beachten ist bei dieser Einteilung, dass die französischen Energieklassen sehr hohe Primärenergiebedarfe zulassen; so steht beispielsweise die Klasse F für Primärenergiebedarfe zwischen 330 und 420 kWh/m²a (bis Juni 2021: 331 – 450 kWh/m²a) (Ministère de la Transition écologique 2021d).

Nichtwohngebäude machen insgesamt eine Fläche von 999 Mio. m² aus. Über ihre Energieeffizienz gibt es jedoch noch kaum belastbare Daten. Insbesondere fehlt es noch an einem Überblick über die Energieklassen des Sektors, der mit dem Wohngebäudebereich vergleichbar wäre (Assemblée Nationale 2021). Insofern lassen sich zur Energieeffizienz dieser Gebäude keine abschließenden Aussagen treffen.

Abbildung 19: Verteilung der französischen Wohneinheiten auf Energieeffizienzklassen zum 1.1.2018 (in Tausend)



Stand zum 1.10.2018, nur Hauptwohnsitze.

Legende: Zum Zeitpunkt der Erhebung gültige Klassengrenzen der Effizienzklassen (Primärenergiebedarf, 2018):

A ≤ 50 kWhPE/m²a, B 51 bis 90 kWhPE/m²a, C 91 bis 150 kWhPE/m²a, D 151 bis 230 kWhPE/m²a, E 231 bis 330 kWhPE/m²a, F 331 bis 450 kWhPE/m²a, G > 450 kWhPE/m²a (Ministère de la Transition écologique 2021d)

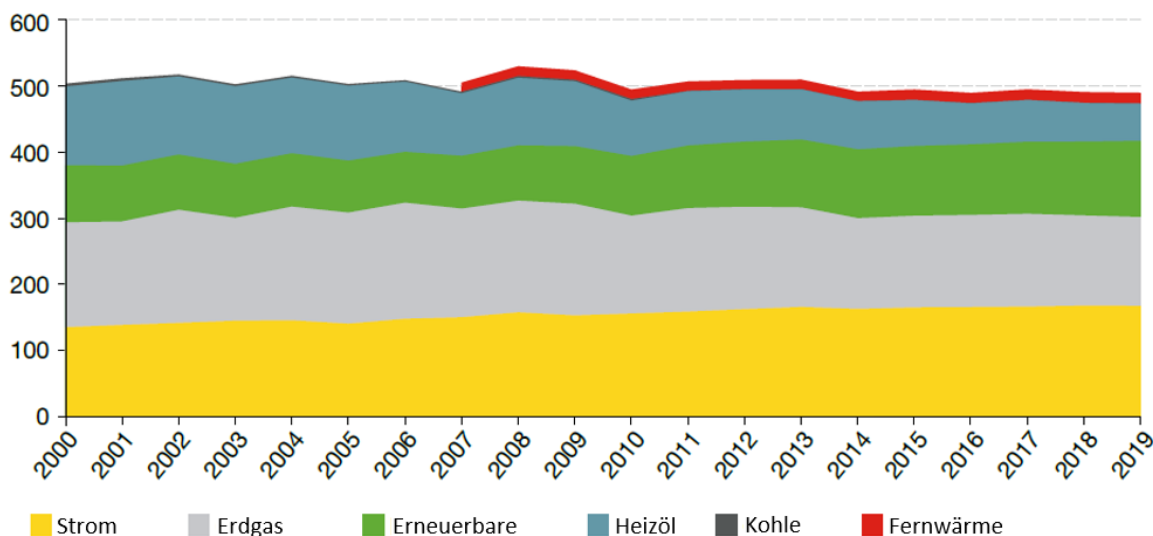
Quelle: Eigene Darstellung nach Merly-Alpa et al. (2020)

Energieverbrauch des französischen Gebäudesektors und eingesetzte Energieträger

Mit einem Endenergieverbrauch von knapp 490 TWh in Wohngebäuden und 270 TWh in Handel, Gewerbe und Dienstleistungen steht der Gebäudesektor für rund 45 % des französischen Endenergieverbrauchs (Ministère de la Transition écologique 2021a). Abbildung 20 und Abbildung 21 zeigen den Energieverbrauch in Wohn- und Nichtwohngebäuden in Frankreich seit dem Jahr 2000. In Wohngebäuden kommt elektrischer Strom auf einen Anteil von 34 % am Endenergieverbrauch, vor Erdgas (29 %), erneuerbaren Energien (23 %, v.a. Biomasse) und Erdöl (11 %). In den Gebäuden des Sektors Gewerbe-Handel-Dienstleistungen (GHD) spielt Strom eine deutlich größere Rolle (52 %), gefolgt von Erdgas (28%), Erdöl (13 %), erneuerbaren Energien (4 %) und Wärmenetzen (4 %) (Ministère de la Transition écologique 2021a, alle Angaben für 2019).

Auffällig ist, dass sowohl der Endenergieverbrauch als auch die Struktur der verwendeten Energieträger in Gebäuden sich klimabereinigt in den letzten zehn Jahren kaum verändert haben, einzig ein leichter Rückgang beim Heizöl und ein etwas stärkerer Einsatz von erneuerbaren Energien sind zu erkennen²¹. Insgesamt lassen sich am Energieverbrauch kaum Fortschritte der Wärmewende ablesen.

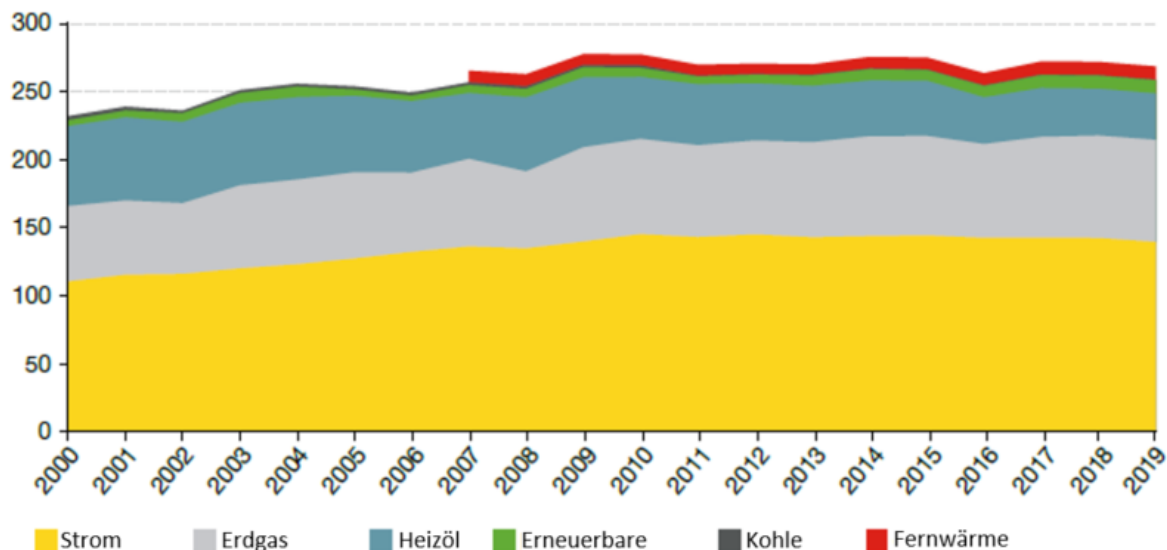
Abbildung 20: Energieverbrauch des Wohngebäudesektors in Frankreich (in TWh, klimabereinigt, ab 2011 einschl. Überseegebieten).



Quelle: Ministère de la transition écologique (2021a), eigene Übersetzung

21 N.B. In die angegebenen Endenergieverbräuche gehen für Haushalte neben Heizung und Warmwasserbereitung auch Prozesswärme (Kochen) ein, für Nichtwohngebäude sind zusätzlich auch (wachsende) Stromverbräuche wie die der Informations- und Kommunikationstechnologien einbezogen (Assemblée Nationale 2021)

Abbildung 21: Energieverbrauch in Nichtwohngebäuden des GHD-Sektors in Frankreich (in TWh, klimabereinigt, ab 2011 einschl. Überseegebieten)

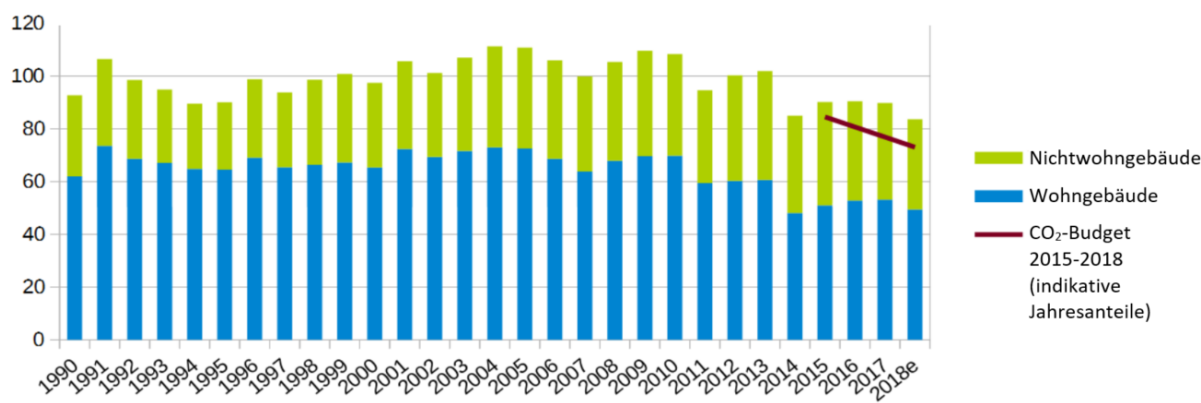


Quelle: Ministère de la transition écologique (2021a), eigene Übersetzung.

Treibhausgasemissionen des französischen Gebäudesektors

Abbildung 22 zeigt die Treibhausgasemissionen des Gebäudesektors, die 2018 knapp 85 Mt CO₂-Äquivalente ausmachten. Neben den oben dargestellten geringfügigen Energieträgerwechseln und leichten Effizienzverbesserungen lässt sich der Rückgang der Emissionen vermutlich in großen Teilen auf mildere Winter zurückführen. Dementsprechend blieben die Treibhausgasemissionen deutlich oberhalb des national festgelegten CO₂-Budgets für die Jahre 2015 bis 2018 (LTRS France 2020).

Abbildung 22: Treibhausgasemissionen im Sektor Gebäude seit 1990 (Mt CO₂-Äqu.)



Quelle: LTRS France (2020), eigene Übersetzung, für 2018 vorläufige Werte

6.2 Rahmenbedingungen

- **Weniger Mietende als in Deutschland:** 64 % der Französ:innen wohnen im Eigentum, nur rund 36 % sind Mieter:innen (Eurostat 2021). Besonders verbreitet ist Wohneigentum bei den Einfamilienhäusern, die zu über 80 % von ihren Eigentümer:innen bewohnt werden. Wohnungen in Mehrfamilienhäusern hingegen werden zu 42 % von privat Mietenden bewohnt, zu 24 % von Eigentümer:innen, weitere 30 % sind Sozialwohnungen (Ministère de la cohésion des territoires 2020, zitiert nach Assemblée nationale 2021).
- **Historisch gewachsene, große Bedeutung von strombasierten Heizungen:** Traditionell spielen strombasierte Heizungen in Frankreich eine wichtige Rolle. Dabei handelt es sich insbesondere um direktelektrische Heizungen, die vom ehemals staatlichen, heute staatlich dominierten Stromerzeuger EDF stark unterstützt wurden.
- **Niedriger Strompreis:** Mit rund 19,3 Cent/kWh zahlen französische Haushalte in Europa unterdurchschnittliche Strompreise (Eurostat 2021a).
- **Große Rolle von Biomasse:** Als Land mit großer Fläche und viel Landwirtschaft hat Frankreich erhebliche Biomasse-Potenziale aus Reststoffen in der Landwirtschaft. Hinzu kommen mit Deutschland vergleichbare Biomasse-Potenziale aus Wäldern (S2Biom 2017).
- **Aktuell geringer Anteil von Wärme- und Kältenetzen:** Nur rund 6 % der französischen Gebäude sind an ein Wärmenetz angeschlossen. Insgesamt liefern Netze 25 TWh Wärme und 1 TWh Kälte (ADEME, IN NUMERI 2019).
- Die **Energieversorgung erfolgt weitgehend zentralistisch** durch große, teils staatsnahe Energiekonzerne. Stadtwerke gibt es nur sehr vereinzelt. Daher haben Kommunen traditionell deutlich weniger Anknüpfungspunkte an die Wärmeversorgung als in Deutschland.

6.3 Wärmewende in Frankreich – Instrumentenüberblick

CO₂-Bepreisung

Frankreich führte erstmals 2014 eine CO₂-Preiskomponente in die Energiesteuer ein, den sogenannten Betrag für Klima und Energie (Contribution climat énergie, CCE). Der Beitrag geht ein in die Erdgasverbrauchssteuer (Taxe intérieure de consommation sur le gaz naturel, TICGN), in die Kohleverbrauchssteuer (Taxe intérieure de consommation sur le charbon, TICC) und in die Energieverbrauchssteuer für Kraft- und Brennstoffe (Taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques, TICPE) (Brehm 2021).

Diese Preiskomponente begann mit sieben Euro/t CO₂ auf niedrigem Niveau und stieg dann langsam an. Für 2021 waren ursprünglich 75,80 Euro/t CO₂ angesetzt, für 2030 100 Euro/t CO₂. 2018 jedoch kam die Wende: steigende Benzinpreise, steigende Ölpreise, der steigende CO₂-Preis und allgemein empfundene soziale Ungerechtigkeit führten zu den sogenannten Gelbwestenprotesten, die sich vor allem zu Beginn sehr stark gegen das Instrument CO₂-Bepreisung richteten. In der Folge froh die Regierung Macron die CO₂-Komponente auf dem Niveau von 2018 ein, d.h. auf 44,60 Euro/t CO₂ (Gagnebin et al. 2019).

Als schwerer Fehler der französischen CO₂-Bepreisung wurde kritisiert, dass sie keine Rückverteilung vorsah und – wie alle Verbrauchssteuern – Haushalte mit geringem Einkommen stärker traf als Besserverdienende (Gagnebin et al. 2019). Dieses Problem hat die französische Regierung nicht grundsätzlich behoben. Frankreich führte jedoch 2018 einige Ausgleichsmaßnahmen ein, die auch Haushalte mit niedrigem Einkommen zugutekommen sollten, u.a. jährliche Energiechecks für Haushalte mit geringem Einkommen, Senkung der Mehrwertsteuer für Sanierungsmaßnahmen und Aufstockung der Fördermittel für Sanierungsmaßnahmen von Haushalten mit

geringen Einkommen (Brehm 2021). Nach verschiedenen Überlegungen zum Thema, u.a. zu einem Referendum zu Reformvorhaben der Regierung (Gagnebin et al. 2019), setzt Frankreich jedoch nur noch auf „zusätzliche Maßnahmen“, die ähnliche Einsparungen bringen sollen (Ministère de la transition écologique et solidaire 2020). Mangels Zuordnung zusätzlicher Maßnahmen erscheint es aber fragwürdig, ob die Maßnahmen dies zu leisten imstande sind.

Bislang bleibt die Frage einer wirkungsvollen CO₂-Bepreisung für Frankreich somit ungelöst. Die mehrjährige Energieplanung (Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)) von 2020 verlagert die Frage nun auf die europäische Ebene. Als übergreifendes Instrument setzt sie an, dass Frankreich sich in der EU für einen CO₂-Mindestpreis einsetzen wolle, der dann für alle Sektoren außerhalb des bestehenden EU-Emissionshandels gelten solle. Gleichzeitig solle es ein Grenzausgleichsregime an den Außengrenzen der EU geben, um Carbon Leakage zu bekämpfen (Ministère de la transition écologique et solidaire 2020).

Mindesteffizienzanforderungen – MEPS

Anforderungen an neu gebaute Gebäude

Mit der sogenannten *RE 2020* („Réglementation environnementale 2020“, Umweltregulierung 2020) hat Frankreich die Regulierung neu gebauter Gebäude umfassend überarbeitet. Die neuen Anforderungen wurden im Sommer 2021 veröffentlicht und treten schrittweise ab dem 1. Januar 2022 in Kraft.

Wesentliches Merkmal der RE 2020 sind neu eingeführte, lebenszyklusbasierte Indikatoren zur Auswirkung auf den Klimawandel. Ein erster Indikator ($I_{C_{\text{énergie}}}$) betrachtet die Auswirkungen des Energieverbrauchs auf den Klimawandel während der Lebensdauer des Gebäudes (angenommene 50 Jahre). Ein zweiter Indikator ($I_{C_{\text{construction}}}$) erhebt die Klimawirkungen der Baumaterialien und des Baus des Gebäudes. Für beide Indikatoren gelten im Zeitverlauf schrittweise sinkende Obergrenzen, wobei Frankreich mit den Obergrenzen auf die Klimawirkungen des verbauten Materials weltweit Neuland betritt. Neben den Klimaindikatoren wurden Primärenergie-Indikatoren überarbeitet, spezielle Obergrenzen für nicht-erneuerbaren Primärenergiebedarf eingeführt und die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz dem sich ändernden Klima angepasst und deutlich verschärft (Ministère de la Transition écologique 2021h).

Mit ihrem Klimaindikator $I_{C_{\text{énergie}}}$ läutet die RE 2020 einen Phase-Out fossiler Energieträger ein. Für Einfamilienhäuser wird der Maximalwert für die CO₂-Emissionen aus dem Energieverbrauch auf max. 160 kg CO₂/m² festgelegt (über die Lebensdauer, mit Zeitpräferenzrate). Umgerechnet entspricht das in etwa einer Emission von 4 kg CO₂/m² a und bedeutet, dass Erdgas maximal noch als ergänzender Energieträger zulässig ist. Einfamilienhäuser müssen danach in der Regel mit erneuerbaren Energien (einschl. Wärmepumpen) beheizt werden. Mehrfamilienhäuser dürfen in einer ersten Stufe noch 560 kg CO₂/m² ausstoßen (entspricht rund 14 kg CO₂/m² a). Ab 2025 sinkt der Grenzwert für Mehrfamilienhäuser auf 260 kg CO₂/m² (entspricht rund 6,5 kg CO₂/m² a), sodass ab 2025 keine rein fossil befeuerten Heizungen mehr möglich sein werden. Für an Wärmenetze angeschlossene Gebäude gilt zwischen 2025 und 2027 ein Übergangswert, der Zeit für die Dekarbonisierung der Netze lassen soll (Cerema 2021).

Anforderungen an Wohngebäude im Bestand

Im August 2021 wurde das sogenannte *Gesetz zur Bekämpfung des Klimawandels und für den Aufbau von Resilienz gegenüber seinen Auswirkungen* veröffentlicht („Loi n° 2021-1104 du 22

août 2021“). Es sieht eine Reihe von Mindesteffizienzanforderungen an Wohngebäude im Bestand vor, die im Folgenden aufgeführt sind.

Gestufte Vermietungsverbote, Verbot von Mieterhöhungen: Die ineffizientesten Wohnungen und Einfamilienhäuser der Energieklasse G dürfen ab 2025 nicht mehr vermietet werden, ab 2028 gilt dies auch für Energieklasse F und ab 2034 für die Energieklasse E. Diese Wohnungen und Häuser gelten dann als zur Vermietung ungeeignet und dürfen nicht mehr auf dem Markt neu angeboten werden. Bestandsmietende können von dem/der Vermieter:in verlangen, dass er/sie entsprechende Sanierungsarbeiten durchführt (Vie publique 2021). Ausnahmen gelten für den in Frankreich häufigen Fall, dass Wohnungen in Wohneigentümergeinschaften (WEG) vermietet werden, in denen die Sanierungsarbeiten von der mehrheitlichen Zustimmung der WEG abhängen. Um den Mietenden die Wahrnehmung ihrer Rechte zu erleichtern, sollen diverse Informationsmaßnahmen stattfinden und Anreize sowie Kontrollen geschaffen werden (Ministère de la Transition écologique 2021c). Dennoch wird diese Konstruktion vielfach kritisiert, da es unrealistisch sei, den Mietenden de facto den Vollzug dieser Regelung zu übertragen.

Ab 2023 gilt das Verbot von Mieterhöhungen für Wohnungen der Energieklasse G. Auch bei Neuvermietung darf die neue Miete die bisherige Miete nicht übersteigen (Vie publique 2021).

Da die Regelungen auf die Energieklassen des Gebäudeenergieausweises abstellen, wurde dieser überarbeitet: er sollte verlässlicher und rechtssicher werden. Außerdem wurden im neuen Gebäudeenergieausweis die Energieträger neu bewertet, sodass mit erneuerbaren Energien und Strom beheizte Gebäude besser eingestuft werden, während mit Öl und Gas beheizte Gebäude schlechter dastehen (Ministère de la Transition écologique 2021d).

Zur Erfüllung der Sanierungspflichten stehen den Gebäude- und Wohnungsbesitzenden staatliche Fördermittel zur Verfügung. Außerdem wurde die Rolle des sogenannten „Sanierungsbegleiters“ geschaffen, der bei der Planung der Finanzierung, der energetischen Arbeiten sowie der Auswahl der Ausführenden zur Seite steht und zum Teil auch Voraussetzung für den Zugang zu Fördermitteln sein soll (Vie publique 2021).

Verpflichtende Energieaudits: Wohngebäude und Wohnungen, die zum Kauf angeboten werden und die einen sehr hohen Energieverbrauch haben, müssen ein Energieaudit durchführen lassen. Das Energieaudit erläutert mehrere Vorschläge von Sanierungsarbeiten, darunter mindestens eine Lösung, die erlaubt, ein anspruchsvolles energetisches Niveau zu erreichen sowie eine Lösung, welche das gesetzliche Mindestniveau erfüllt (Art. L. 126-28-1 des frz. Baugesetzbuches):

- Ab 2022 betroffen sind Gebäude und Wohnungen der Energieklassen F und G
- Ab 2025 betroffen sind Gebäude und Wohnungen der Klasse E
- Ab 2034 betroffen sind Gebäude und Wohnungen der Klasse D (Vie publique 2021).

Verpflichtende mehrjährige Sanierungspläne für Wohnungseigentümergeinschaften („plan pluriannuel de travaux“): Beginnend 15 Jahre nach dem Bau eines WEG-Gebäudes ist ein mehrjähriger Sanierungsplan zu erstellen, der danach alle zehn Jahre aktualisiert wird. Um die Umsetzung von Sanierungsarbeiten zu unterstützen, wurde gleichzeitig bestimmt, dass die Eigentümer:innen entsprechende Rücklagen bilden müssen, und zwar jährlich mindestens in Höhe von 2,5 % der geplanten Arbeiten oder in Höhe von mindestens 5 % des veranschlagten Budgets der

WEG.²² Im Rahmen von Kontrollen zur Sicherheit und Wohnhygiene können die zuständigen Behörden jederzeit von der Hausverwaltung verlangen, den mehrjährigen Sanierungsplan zu übermitteln. Die Pflicht zu einem derartigen Plan tritt schrittweise in Kraft:

- Ab 2024 für Gebäude mit mehr als 200 Einheiten
- Ab 2025 für Gebäude mit 50 bis 200 Einheiten
- Ab 2026 für Gebäude mit weniger als 50 Einheiten (Loi n° 2021-1104 du 22 août 2021).

Anforderungen an Nichtwohngebäude im Bestand

Nichtwohngebäude unterliegen Einsparverpflichtungen bezüglich ihres Endenergieverbrauchs von -40 % in 2030, -50 % in 2040 und -60 % in 2050. Diese Einsparverpflichtungen beziehen sich auf ein individuell gewähltes Basisjahr, das nicht vor 2010 liegen darf. Sie betreffen alle Nichtwohngebäude mit mehr als 1.000 m² Nutzfläche, was die große Mehrheit der Nichtwohngebäude umfassen dürfte. In Kraft getreten sind die Einsparverpflichtungen mit der Veröffentlichung der Verordnung vom 23.07.2019 zu Nichtwohngebäuden („Décret tertiaire“) (Assemblée Nationale 2021).

Um den Vorgaben zu entsprechen, müssen Gebäudebesitzer:innen, Mieter:innen oder Nutzer:innen ihr Gebäude mit seinen Energieverbräuchen auf einer Plattform der französischen Energiebehörde ADEME registrieren (Plattform „OPERAT“). Im Gegenzug erhalten sie eine Bescheinigung mit einer Bewertung ihrer Fortschritte in Form eines Icons „Éco Énergie Tertiaire“ von einem grauen Blatt (unbefriedigender jährlicher Energieverbrauch) bis zu drei grünen Blättern (exzellenter jährlicher Energieverbrauch). Außerdem unterstützt die Plattform die Teilnehmenden durch Leitfäden, Meilensteine, Vergleichswerte etc. Zur Umsetzung der Einsparungen stehen den Teilnehmenden neben Energiesparmaßnahmen an Gebäudehülle und Anlagentechnik auch die lokale Erzeugung von erneuerbaren Energien (PV) sowie ein Hinwirken auf sparsameres Nutzerverhalten zur Verfügung. Sanktionen erfolgen in erster Linie durch einen *Name & Shame*-Ansatz. Zusätzlich sind Bußgelder von bis zu 1.500 Euro für natürliche Personen und bis zu 7.500 Euro für Körperschaften möglich. Die erste Reportingfrist wurde allerdings kürzlich vom 30. September 2021 auf den 30. September 2022 verschoben, sodass noch keine Erfahrungswerte vorliegen (Ministère de la Transition énergétique 2021g).

Erneuerbare Energien in der dezentralen Versorgung und Phase-Out fossiler Energieträger

Phase-Out von fossil befeuerten Heizkesseln im Neubau: Ein schrittweiser Phase-Out von fossil befeuerten Heizungen, beginnend am 1. Januar 2022, ist mit der aktuellen Umweltregulierung RE 2020 bereits umgesetzt (siehe Abschnitt zur RE 2020 oben).

Phase-Out von Ölkesseln im Gebäudebestand: Ein Phase-Out von Heizöl und Kohle in Gebäuden ist in Frankreich seit längerem in der Diskussion; auch hatte sich die französische Regierung 2018 verpflichtet, die Verwendung von Heizöl in Wohngebäuden binnen zehn Jahren zu beenden. Ein entsprechender Verordnungsentwurf für Heizkessel und Warmwasserbereiter in Wohn- und Nichtwohngebäuden wurde Anfang 2021 öffentlich konsultiert. Der Verordnungsentwurf hätte eine Obergrenze von 250g CO₂/kWh (Heizwert) für den Brennstoff neu zu installierender Heizungen und Warmwasserbereiter vorgesehen, mit Ausnahmenregelungen für fehlende technische Machbarkeit. Die Regelungen hätten für neue Gebäude ab dem 1. Juli 2021 gegolten, für Be-

22 Neu eingefügter Art. 14-2-1 im Gesetz zur Regelung von Wohnungseigentümergeinschaften (Gesetz Nr. 65-557 vom 10. Juli 1965)

standsgebäude ab dem 1. Januar 2022 (Ministère de la Transition écologique 2021e). Diese Verordnung ist allerdings (mindestens) um mehrere Monate verschoben worden und soll nun Mitte 2022 in Kraft treten, zeitgleich für Neubau und Bestandsgebäude (ActuEnvironnement 2021). Ein neuer Verordnungstext wurde noch nicht kommuniziert; es ist auch fraglich, ob dies vor den Präsidentschaftswahlen 2022 noch geschehen wird.

Wärmepumpen: Auffällig ist der schon heute hohe Absatz von Wärmepumpen in Frankreich: 2020 wurden rund 1 Mio. Wärmepumpen abgesetzt. Damit ist Frankreich der größte Wärmepumpenmarkt Europas. Zu über 80 % handelt es sich bei den verkauften Wärmepumpen um das schnell wachsende Segment der Luft-Luft-Wärmepumpen. Diese Wärmepumpensysteme sind ineffizienter als Wärmepumpen mit wassergeführten Heizsystemen. Vorteil dieser Systeme ist, dass sie sich gut als effizienterer Ersatz der in Frankreich noch weit verbreiteten direktelektrischen Heizungen eignen, die ebenfalls ohne Wasserführung arbeiten. Luft-Luft-Wärmepumpen werden nach Experteneinschätzungen fast ausschließlich als bivalente Systeme verwendet, die sowohl heizen als auch kühlen. Auch der Markt für reine Warmwasser-Wärmepumpen (ohne Heizungsfunktion) ist mit rund 175.000 Geräten pro Jahr in 2020 vergleichsweise groß. Wärmepumpen für wasserführende Heizsysteme wurden 2020 knapp 180.000-mal verkauft – das ist erheblich mehr als die 140.000 Wärmepumpen für wasserführende Heizsysteme, die im bevölkerungsreicheren Deutschland abgesetzt wurden (AFPAC 2021, BWP 2021).

Wärmepumpen profitieren in Frankreich von intensiver finanzieller Förderung, da unterschiedlich Fördermaßnahmen kumuliert werden können. Dabei handelt es sich um sogenannte Anschubprämien („Coup de pouce“), die kombiniert werden mit Sanierungsförderung („MaPrimeRénov“) und zusätzlichen Angeboten, z.B. von Energieversorgern im Rahmen von Weißen Zertifikaten. Über mehrere Jahre gab es das Modell des „Kessels für einen Euro“, eine Kumulierung verschiedener Fördermechanismen für einkommensschwache Haushalte. Aufgrund von missbräuchlichen Praktiken einiger Anbieter wurde dieses Modell jedoch nicht fortgeführt. Neben der finanziellen Förderung werden Wärmepumpen unterstützt durch Informationsmaßnahmen und Forschungsarbeiten der staatlichen Umweltbehörde ADEME, des Nationalen Instituts für die Wärmepumpe (INPAC) sowie den nationalen Branchenverband AFPAC. Der Branchenverband AFPAC bietet darüber hinaus Fortbildungen für Installateur:innen von Wärmepumpen an (Fortbildung „QualiPAC“); 2020 konnten so 7.800 Handwerker:innen fortgebildet werden (AFPAC 2021).

Biomasse-Kessel: Holz macht heute 64 % der erneuerbaren Wärmezeugung in Frankreich aus. Nimmt man die übrigen biogenen Energieträger hinzu, so kommt die Biomasse sogar auf fast 75 % der erneuerbar erzeugten Wärme in Frankreich (Ministère de la Transition écologique 2021b). Unter den gut 300.000 Holzgefeuerten Heizgeräten, die pro Jahr verkauft werden, machen die Holzgefeuerten Kessel (wie Pelletkessel) mit rund 25.000 Geräten jedoch nur einen kleinen Teil aus. Viel häufiger werden Holzöfen zur zusätzlichen Beheizung oder Kamineinsätze verkauft (Ministère de la transition écologique 2021b).

Biomasse-Kessel profitieren in Frankreich von einer intensiven finanziellen Förderung über verschiedene Förderprogramme, vergleichbar mit Wärmepumpen (siehe Abschnitt zu Wärmepumpen). Darüber hinaus gibt es Informationsmaßnahmen, z.B. der ADEME, um den Anteil an Biomasse-Kesseln zu steigern.

Wärmenetze

Mit ihren 25 TWh gelieferter Wärme spielen Wärmenetze bislang in der französischen Wärmever-sorgung nur eine sehr geringe Rolle. Seit dem Ende der 2000er Jahre werden sie aber staatlich stärker unterstützt, und in der Tat ist seitdem ein bemerkenswertes Wachstum um 50 % seit

2008 gelungen. Gleichzeitig hat sich die Erzeugungsstruktur der netzgebundenen Wärmeversorgung positiv entwickelt: lieferten 2009 erneuerbare Energien und Abwärme 30 % der Wärme, so waren es 2018 schon 57 %. Die Aufwuchsrate von erneuerbaren Energien und Abwärme in der netzgebundenen Versorgung reicht allerdings bei weitem noch nicht aus, um das Ziel für 2030 von 40 TWh Wärme aus erneuerbaren Energien und Abwärme zu erreichen: hierfür wäre eine Verdreifachung der Wärmemengen aus erneuerbaren Energien und Abwärme und potenziell entsprechender Projekte erforderlich (ADEME, IN NUMERI 2019).

Wärmenetze werden über den sogenannten Wärme-Fonds („Fonds Chaleur“) gefördert, das zentrale französische Förderprogramm für erneuerbare Wärme und Abwärme. Der „Fonds Chaleur“ ist auf Mehrfamilienhäuser, Kommunen und Unternehmen ausgerichtet, seit 2018 wird auch der Bau bzw. Ausbau von Kältenetzen über diesen Fonds gefördert. Der „Fonds Chaleur“ ist mit 350 Mio. Euro pro Jahr ausgestattet. Für Neuanschlüsse an Wärmenetze können Fördermittel auch mit Weißen Zertifikaten („Certificats d'économies d'énergie“, CEE) kumuliert werden (Ministère de la transition énergétique 2021f). Außerdem gilt für Wärmenetze, die zu mehr als 50 % aus erneuerbaren Energien und Abwärme gespeist werden, ein reduzierter Mehrwertsteuersatz (ADEME et al. 2020).

Der „Fonds Chaleur“ gilt als besonders kosteneffizientes Instrument, da er mit nur 5 EUR Förderkosten pro MWh produzierter erneuerbarer Wärme (Ministère de la Transition énergétique 2021f) einen hohen Förderhebel erreicht: auf die bislang durch die ADEME ausgezahlten 2,6 Mrd. Euro Fördermittel kommen Gesamtinvestitionen von 9,4 Mrd. Euro (ADEME 2021). Gleichwohl ist fraglich, ob seine finanzielle Ausstattung für das Erreichen des Ziels ausreichend ist. Hinzu kommt die Herausforderung, dass französische Kommunen durch die historisch vorwiegend zentralistischen Energieversorgungsstrukturen nicht gewöhnt sind, Entscheidungen zur Energie-Infrastruktur zu treffen und umzusetzen. Hier ist nach Expert:inneneinschätzungen noch Überzeugungsarbeit in der Fläche notwendig. Auch ADEME et al. (2020) fordert zusätzliche Instrumente zur Kommunikation und zur Governance des Netzausbaus, sowie insbesondere ordnungsrechtliche Hebel und eine Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit von netzgebundener erneuerbarer Wärme, indem diese finanziell gefördert und fossile Wärme durch Besteuerung verteuert wird. Insgesamt könne nur ein entschlossenes Vorgehen mit schlagkräftigen Maßnahmen das gewünschte (und erforderliche) Wachstum der Wärmenetze sicherstellen.

Planungsinstrumente

Planungsinstrumente im Sinne übergeordneter regionaler oder kommunaler Planungen spielen in Frankreich keine große Rolle; ein Mangel an Planung und Koordinierung insbesondere in Bezug auf die Gebäudesanierung wird auch von Assemblée Nationale (2021) kritisiert. Wichtig sind jedoch die mehrjährigen Energieplanungen PPE auf nationaler Ebene, welche die großen Linien der Energiestrategie sowie die Ziele zu Treibhausgasminderungen, Energieeinsparungen und dem Ausbau erneuerbarer Energien vorgeben (siehe Ministère de la Transition écologique et solidaire (2020)). Außerdem spielen Instrumente mit Planungselementen auf gebäudeindividueller Ebene eine wichtige Rolle, wie die mehrjährigen Sanierungspläne für Wohnungseigentümergeinschaften (siehe Abschnitt zu MEPS oben).

6.4 Lessons learned und Übertragbarkeit auf Deutschland

Frankreich hat einige sehr interessante neue Instrumente zur Wärmewende eingeführt, auf der anderen Seite aber auch immer noch Lücken in der Instrumentierung. Aus den Entwicklungen in Frankreich lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- **An einer ambitionierten CO₂-Bepreisung führt kaum ein Weg vorbei.** Das Einfrieren der französischen CO₂-Bepreisung hat eine instrumentelle Lücke hinterlassen, die nur schwer gefüllt werden kann. Insbesondere beim Ausbau und der Dekarbonisierung der Wärmenetze macht sich die eingefrorene CO₂-Bepreisung schmerzlich bemerkbar. Auch der Ausstieg aus fossil befeuerten Kesseln wurde dadurch erschwert – umso problematischer ist jetzt der europaweit zu beobachtende steile Anstieg der Gas- und Ölpreise.
- **Ein im Vergleich zu anderen Energieträgern niedriger Strompreis ist unumgänglich, um Wärmepumpen sowohl in der dezentralen als auch in der zentralen Versorgung in den Markt zu bringen.** Frankreich ist hier bei dezentralen Wärmepumpen mit einem attraktiven Strompreis sowie Förderung und Beratung auf einem guten Weg. Wenn sich auch viele Elemente der französischen Strompreisregulierung nicht übertragen lassen, so ist doch die geringe Belastung des Strompreises mit Abgaben und Umlagen ein Weg, den auch Deutschland einschlagen sollte.
- **Eine gute Datenbasis des Gebäudebestands ist Voraussetzung, um Politiken nachverfolgen und steuern zu können.** Frankreich hat hier – ähnlich wie Deutschland – große Leerstellen, insbesondere im Bereich der Nichtwohngebäude. Einige neu geschaffene oder überarbeitete Instrumente sind jedoch dabei, einen Teil dieser Leerstellen zu schließen. So ist der weiterentwickelte Gebäudeenergieausweis rechtssicherer gestaltet und seine Ergebnisse durch den Wegfall von Verbrauchsausweisen vergleichbarer geworden. Auch speichert die französische Datenbank der Energieausweise mehr Daten als ihr deutsches Pendant beim Deutschen Institut für Bautechnik (DiBt); zugleich sind diese Daten transparenter verfügbar. Für Nichtwohngebäude sollten die kommenden Berichtspflichten dafür sorgen, dass der Bestand von Gebäuden über 1.000 m² Nutzfläche in Zukunft transparenter wird.
- **Die Umweltauflagen für neue Gebäude müssen mit dem Weg zur Klimaneutralität kompatibel sein.** Frankreich ist mit seinen Anforderungen der RE 2020 für neue Gebäude einen entscheidenden Schritt weitergekommen, indem ein weitgehender Phase-Out fossil befeuerter Heizungen im Neubau angelegt wurde. Auch die Umsetzung von Vorschriften zu mit den Gebäudebaustoffen verbundenen Emissionen ist ein wichtiger Schritt und macht Frankreich hier zum weltweiten Vorreiter. Gleichzeitig wurde die Resilienz neuer Gebäude gegenüber dem Klimawandel durch die neuen Anforderungen zum sommerlichen Wärmeschutz erheblich verbessert. Positiv ist auch, dass die Einführung des Gesetzes mit der Bereitstellung von Tools und Datenbanken, die von Branchenteilnehmenden erprobt wurden, einhergeht sowie mit intensiven Informationsanstrengungen. Die aufwändigen Vorarbeiten lassen trotz der Komplexität der Regelungen eine erfolgreiche Umsetzung erwarten. Ein ähnliches Vorgehen sollte auch für Deutschland geprüft werden. Bei der anstehenden Weiterentwicklung des deutschen Gebäudeenergiegesetzes empfiehlt sich ein Abgleich mit den französischen Ansätzen, um, wo sinnvoll, Elemente übernehmen zu können.
- **Mindesteffizienzanforderungen sind ein vielversprechendes Instrument, um den Gebäudebestand zur Klimaneutralität zu führen.** Die Mindesteffizienzanforderungen basieren auf dem überarbeiteten Gebäudeenergieausweis. Ein Schwachpunkt der Regelungen sind jedoch die Schwellwerte, die erst bei sehr hohen Energiebedarfen greifen. Hinzu kommt, dass einige Mindestanforderungen eher „weiche“ Anforderungen wie Energieaudits beim Verkauf oder mehrjährige Sanierungspläne für Wohnungseigentümergeinschaften sind. Hier wurde sicher auch aus Gründen der Akzeptanz vor härteren Anforderungen zurückgeschreckt. Auch beim Vollzug zeigt sich ein „weiches“ Vorgehen, indem auf ein Handeln von Mietenden ausgewichen wird. Ob diese Mischung von teils weichen Anforderungen und zurückhaltendem Vollzug ausreichend ist, um grundlegende Änderungen im Gebäudebestand herbeizuführen, ist fraglich. Ein Vollzug anspruchsvollerer Anforderungen über ein Gebäuderegister, das Stichproben unabhängig von Mieter:innenbeschwerden erlauben würde, wäre hier sicherlich zielführender. Dadurch könnten auch Gebäude jenseits von Vermietung und Verkauf besser erreicht werden. Derartige Instrumente sollten auch für Deutschland untersucht werden. Es

empfiehlt sich jedoch, eine Stufenkurve von Anforderungen vorzusehen, die zügiger ein ambitioniertes Niveau erreicht als in Frankreich.

- **Ein interessanter Ansatz sind die individuellen Einsparverpflichtungen für Nichtwohngebäude, bei denen die Zielerreichung auf einer nationalen Plattform nachgeführt werden muss.** Nichtwohngebäude sind in der Regulierung aufgrund ihrer großen Unterschiede in der Nutzung und im Energieverbrauch eine große Herausforderung. Insofern könnte es lohnend sein, einen Ansatz wie in Frankreich, der Einsparpflichten mit individuellen Zielen und einem unterstützenden Rahmen kombiniert, auch in Deutschland zu verfolgen. Es bleibt aber abzuwarten, inwieweit die französische Regelung zu effektiven Verbrauchsminderungen führt. Dies betrifft auch den äußerst zurückhaltend angelegten Vollzug, für den weitgehend auf „Name & Shame“ gesetzt wird.
- **Ohne einen klaren Phase-Out fossil befeuerter Kessel im Gebäudebestand drohen Lock-Ins und Zeitverluste** – trotz Mindesteffizienzanforderungen. Da die französischen MEPS nur die untersten Effizienzklassen adressieren, dürften sie in der Regel nicht zu einem Ausstieg aus fossilen befeuerten Heizungen führen. Angesichts der langen Lebensdauer von Heizkesseln bedeutet das erhebliche Verlängerungen von Emissionen in die Zukunft. Hier sind zusätzliche Instrumente notwendig – in Deutschland wie in Frankreich.
- **Ausbau und Dekarbonisierung von Wärmenetzen erfordern neben finanzieller Wettbewerbsfähigkeit ein planvolles Vorgehen und Kommunikation vor Ort.** Hier ist die französische Situation schwieriger als die deutsche, wo die Beteiligung von Kommunen an Stadtwerken häufig ein guter Ausgangspunkt für Ausbau und Dekarbonisierung des örtlichen Wärmenetzes ist. Die französische Erkenntnis, dass der Ausbau von Wärmenetzen einer übergeordneten Planung und der Unterstützung der Kommunen vor Ort bedarf, gilt aber auch in Deutschland.

7 Niederlande

Autorin: Sibylle Braungardt (Öko-Institut e.V.)

7.1 Kurzüberblick Wärmemarkt in den Niederlanden

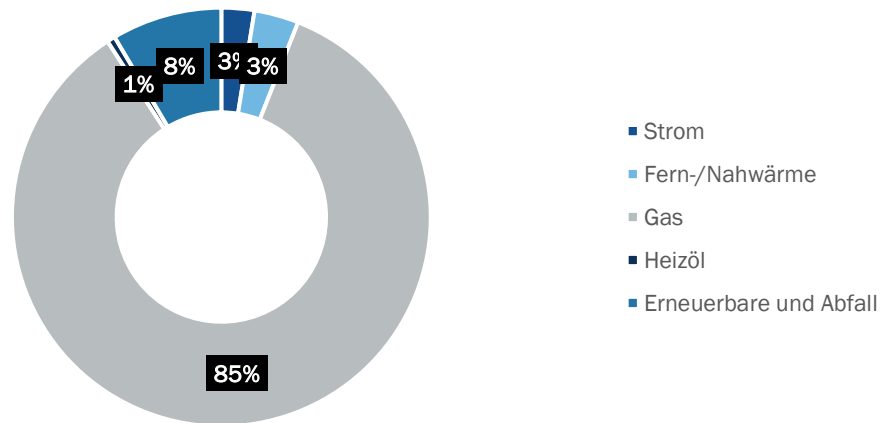
Im Jahr 2019 wurde in den Niederlanden ein Klimaabkommen („Klimaatakkoord“) verabschiedet, das ambitionierte Ziele zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung festlegt (Government of the Netherlands 2019). Die Wärmeversorgung basiert bislang überwiegend auf Erdgas.

Das Klimaabkommen enthält diverse Instrumente und Maßnahmen, die zur Erreichung der Ziele implementiert werden. Mit dem Ziel, bis zum Jahr 2030 49 % weniger bzw. bis 2050 95 % weniger Treibhausgase im Vergleich zu 1990 auszustoßen, möchten die Niederlande einen wichtigen Beitrag zu den Zielen des Pariser Klimaabkommens leisten (Netherlands Enterprise Agency 2020).

Mehr als die Hälfte des Energieverbrauchs in den Niederlanden entfällt auf das Heizen von Wohn- und Nichtwohngebäuden (Netherlands Enterprise Agency 2020a). Insgesamt gab es im Jahr 2019 in den Niederlanden 7,8 Millionen Wohnungen und 470.000 Nichtwohngebäude (Netherlands Enterprise Agency 2020). In Bezug auf die Treibhausgasemissionen des Gebäudesektors machen Wohngebäude mit 70 % den größten Anteil aus (Netherlands Enterprise Agency 2020).

Die Wärmeversorgung in Gebäuden ist in den Niederlanden geprägt von einem hohen Anteil an Erdgas (siehe Abbildung 23). Der Stromverbrauch für Wärme umfasst vor allem den Verbrauch für Wärmepumpen, dazu kommen Pumpen für Heiz- und Elektrokessel (Netherlands Enterprise Agency 2020).

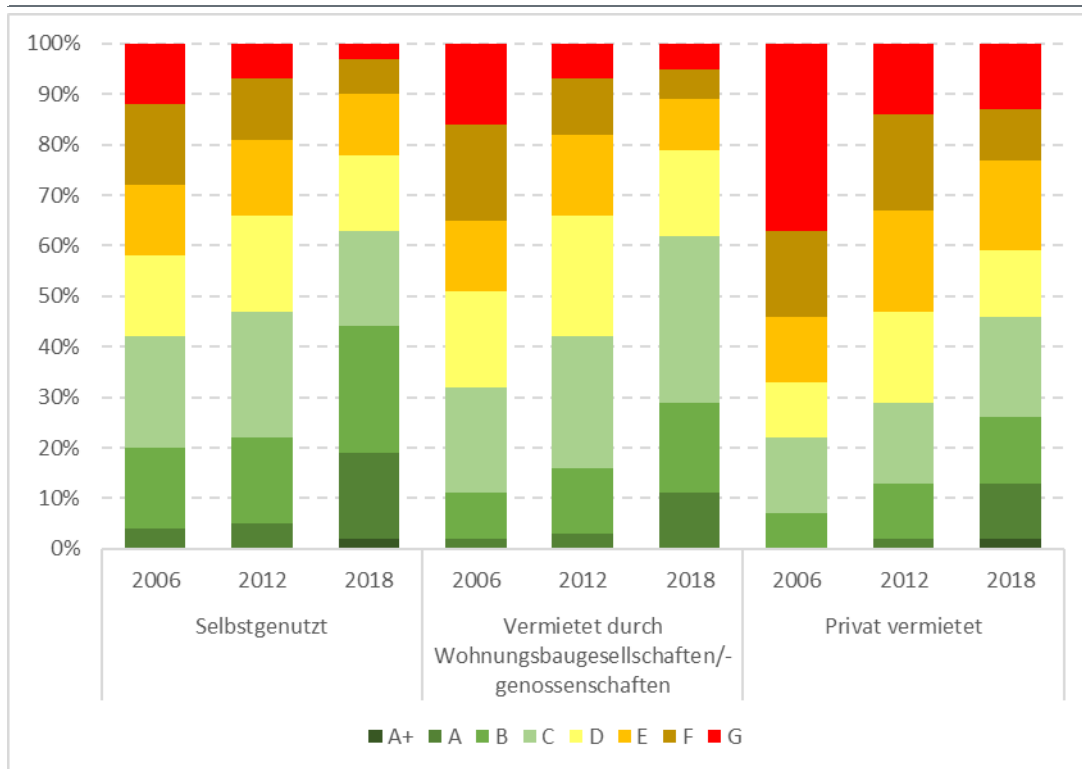
Abbildung 23: Anteil Energieträger an der Raumwärmeversorgung von Wohngebäuden in den Niederlanden (2019)



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Eurostat-Daten

Im Bereich der Wohngebäude unterscheidet sich die Effizienz des Gebäudebestandes zwischen den verschiedenen Eigentümerkategorien (Abbildung 24). Besonders bei den privat vermieteten Gebäuden besteht ein hoher Anteil an Wohnungen in den unteren Effizienzklassen E-G.

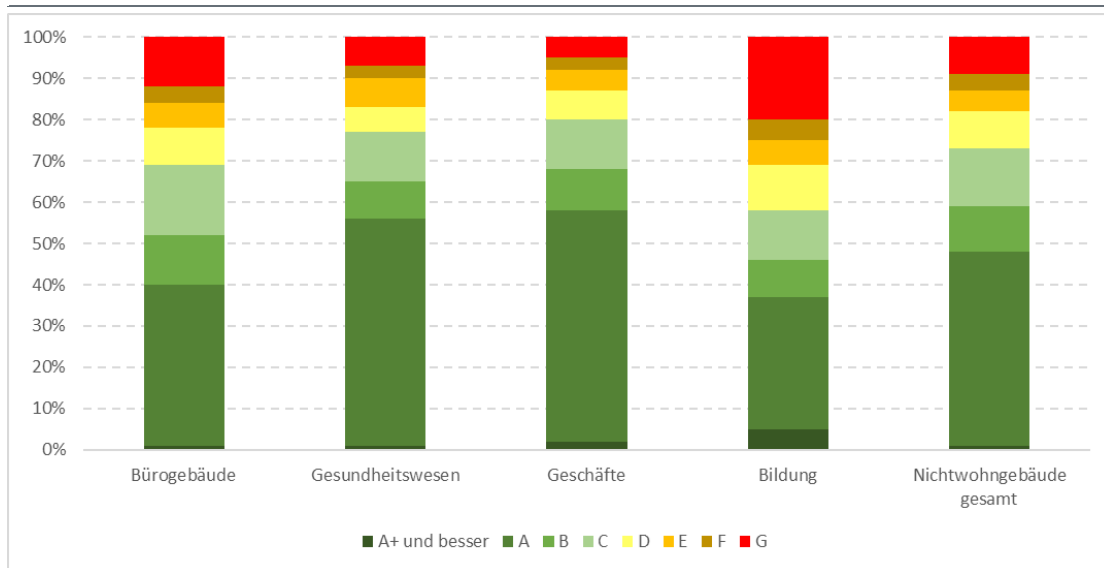
Abbildung 24: Verteilung der Effizienzklassen für Wohngebäude in den Niederlanden.



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Netherlands Enterprise Agency (2020).

Im Bereich der Nichtwohngebäude unterscheidet sich die Verteilung der Effizienzklassen im Gebäudebestand zwischen den verschiedenen Nutzungstypen der Gebäude (Abbildung 25). Insgesamt zeigt sich, dass mit Ausnahme des Bildungsbereichs bereits deutlich mehr als die Hälfte der Gebäude den Klassen C oder besser zugehören.

Abbildung 25: Verteilung der Effizienzklassen für Nichtwohngebäude in den Niederlanden (2019).



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Netherlands Enterprise Agency (2020).

7.2 Rahmenbedingungen

Der Wärmemarkt ist in den Niederlanden noch stärker als in Deutschland dominiert von Erdgas-Heizungen, was auf die bisher vorhandene nationale Erdgasförderung zurückzuführen ist. Mit dem geplanten Ausstieg der Niederlande aus der Erdgasförderung aufgrund der Erdbeben in der Region Groningen besteht (neben den Klimaschutzgesichtspunkten) ein weiterer Handlungsdruck zum Ausstieg aus der Nutzung von Erdgas zur Wärmeerzeugung.

In Hinblick auf die planerischen Instrumente unterscheiden sich die Niederlande von Deutschland bezüglich der Strukturen und Verantwortlichkeiten der nationalen Ebene und der Kommunen.

Bezüglich der Fernwärme unterscheiden sich die Länder v.a. dadurch, dass die Fernwärme in den Niederlanden bisher eine geringere Rolle spielt als in Deutschland.

7.3 Wärmewende in den Niederlanden - Instrumentenüberblick

CO₂-Bepreisung

In den Niederlanden besteht seit 2021 eine nationale CO₂-Steuer für Unternehmen, die dazu beitragen soll, die geplante Reduktion der CO₂-Emissionen bis 2030 zu erreichen. Für weitere Informationen siehe Abschnitt „Industrielle Prozesswärme“.

Mindesteffizienzanforderungen – MEPS

Die Niederlande haben im Rahmen der nationalen Umsetzung der Anforderungen einen, im Vergleich zu anderen Mitgliedsstaaten, ambitionierten Niedrigstenergiestandard (nZEB) im Neubau

definiert. Für Einfamilienhäuser liegen die Niederlande mit 50 kWh Primärenergie pro m² und Jahr im Bereich der ambitioniertesten Umsetzungen (BPIE 2021).

Auch im Bereich der Bürogebäude liegen die Niederlande mit einem Standard von 40 kWh Primärenergie/m² im Bereich der ambitioniertesten Standards im EU-Vergleich (BPIE 2021).

Für den verpflichtenden Anteil an erneuerbaren Energien sieht der niederländische nZEB-Standard 40% im Bereich der Wohngebäude und 30 % im Bereich der Bürogebäude vor (BPIE 2021).

Zudem bestehen in den Niederlanden Mindeststandards für Bestands-Bürogebäude: In den Niederlanden wurde 2018 die Gebäudeverordnung (*Bouwbesluit*) dahingehend überarbeitet, dass Bürogebäude ab 2023 mindestens die niederländische Effizienzklasse C erreichen müssen²³. Für Mietwohnungen gelten bereits seit 2013 Anforderungen im Rahmen freiwilliger Vereinbarungen zwischen der Regierung und dem privaten und sozialen Wohnungsbau (Sunderland und Santini 2020).

Die Einführung der Mindeststandards hat deutliche Auswirkungen auf die Bewertung von Immobilien: Der Wert von Bürogebäude mit einem schlechteren Effizienzniveau als C sinkt, da diese ab 2023 nicht mehr genutzt werden können und somit für ihre Weiternutzung zunächst Investitionen getätigt werden müssen. Die niederländische Regelung wird daher von Akteur:innen aus dem Immobiliensektor²⁴ sowie dem Finanzsektor²⁵ als wichtiges Kriterium zur Bewertung von Immobilien und Portfolien angesehen.

In den Niederlanden besteht weiterhin eine Verpflichtung zur Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen für gewerbliche Gebäude mit einem jährlichen Stromverbrauch von über 50.000 kWh oder einem Gasverbrauch von über 25.000 m³ (*Activiteitenbesluit*²⁶). Die verpflichtend durchzuführenden Maßnahmen orientieren sich an einer Amortisationszeit von fünf Jahren. Für die verschiedenen Sektoren bestehen detaillierte Angaben zu den durchzuführenden Maßnahmen²⁷.

Erneuerbare Energien in der dezentralen Gebäudeversorgung/Phase-Out fossiler Energieträger

Im europäischen Vergleich gehören die Niederlande zu den Ländern mit dem geringsten Anteil an erneuerbaren Energien in der Wärmeversorgung (Abbildung 26).

23 Siehe https://rijksoverheid.bouwbesluit.com/Inhoud/docs/wet/bb2012_nvt/artikelsgewijs/hfd5/afd5-3/art5-11

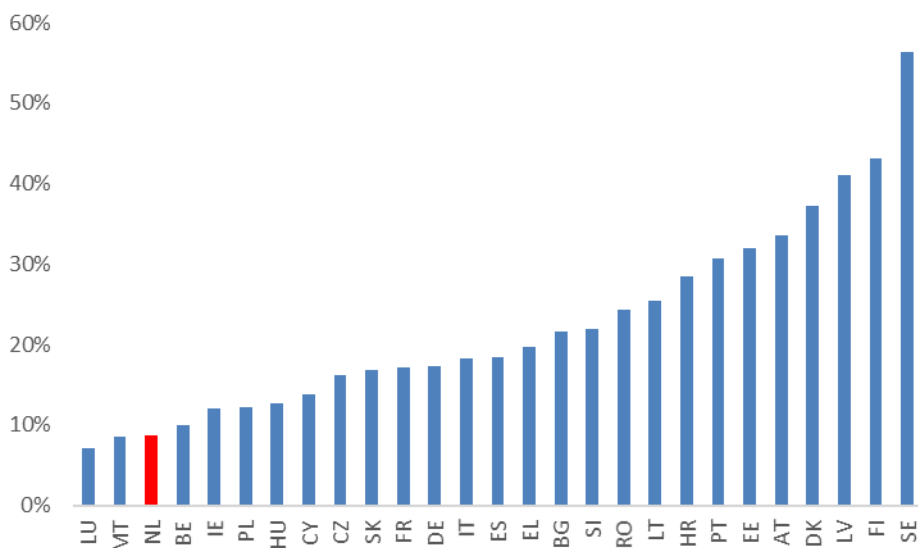
24 Siehe z.B. <https://www.savills.co.uk/blog/article/275362/commercial-property/what-investors-need-to-know-about-the-upcoming-dutch-building-regulations.aspx>; <https://www.dlapiper.com/en/us/insights/publications/2019/04/real-estate-gazette-34/energy-performance-regulations-and-investing-in-dutch-real-estate/>; <https://redeptcresa.nl/en/kantoren-vanaf-2023-verplicht-minimaal-energielabel-c/>

25 Siehe z.B. <https://www.ing.com/Newsroom/News/ING-will-only-finance-green-office-buildings-in-the-Netherlands-after-2017.htm>

26 <https://www.infomil.nl/onderwerpen/duurzaamheid-energie/energiebesparing/erkende-maatregelen/>

27 <https://www.infomil.nl/onderwerpen/duurzaamheid-energie/energiebesparing/erkende-maatregelen/>

Abbildung 26: Anteil an erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung (inkl. Prozesswärme).



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Eurostat Shares Daten.

Für die Dekarbonisierung der dezentralen Gebäudeversorgung in den Niederlanden ist der Quartiersansatz (siehe unten unter Planungsinstrumente) ein zentrales Instrument. Die Niederlande haben zudem ein konkretes Ziel gesetzt, nach dem bis zum Jahr 2030 1,5 Millionen Gebäude erdgasfrei werden sollen. Für die Hausbesitzenden wird ein breites Spektrum an Fördermöglichkeiten entwickelt, um diesen eine Handlungsperspektive zu bieten (Netherlands Enterprise Agency 2020a). Im derzeitigen Förderprogramm ISDE²⁸ wurden in den Jahren 2016-2018 mit einem Gesamtbudget von 215 Mio. € insgesamt 114.000 erneuerbare Heizungen installiert (Niessink 2020). Den größten Anteil nahmen dabei laut (Niessink 2020) die Wärmepumpen mit einer Anzahl von 62.000 ein, gefolgt von Pelletöfen mit 34.000 (Zeitraum 2016-2018). Seit dem 1. Januar 2020 ist die Förderung von Biomasseheizungen nur noch unter sehr eingeschränkten Bedingungen möglich (PBL 2021).

In den Niederlanden dürfen seit dem Jahr 2018 neue Gebäude nicht mehr an das Gasnetz angeschlossen werden. Dies ist in Artikel 6, Absatz 10 (2) des Baubeschlusses (Bouwbesluit²⁹) und Artikel 10, Absatz 6 und 7 des Gasgesetzes (Gaswet³⁰) formuliert (Öko-Institut 2021).

Wärmenetze

Die Fernwärme spielt in den Niederlanden mit etwa 3 Prozent bisher eine untergeordnete Rolle (siehe Abbildung 23), im Zuge des Ausstiegs aus der fossilen Wärmeversorgung ist aber ein Anstieg des Anteils geplant. Das niederländische Klimaabkommen sieht bis 2025 ein Ziel vor, nach dem etwa 80.000 Haushalte über Fernwärme versorgt werden sollen. Dieses Niveau soll bis 2030 gehalten werden (Netherlands Enterprise Agency 2020a).

28 https://wetten.overheid.nl/BWBR0035474/2021-10-01/#Hoofdstuk4_Titeldeel4.5

29 <https://www.bouwbesluitonline.nl/docs/wet/bb2012>

30 <https://wetten.overheid.nl/BWBR0011440/2021-07-01>

Das Wärmegesetz (Warmtewet) befindet sich derzeit in der Überarbeitung, wobei ein Entwurf für dessen Novellierung vorliegt³¹. Der Entwurf sieht umfangreiche Änderungen vor, die zu einer Stärkung der Rolle der Fernwärme in Hinblick auf die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung beitragen. Kernelemente der vorgeschlagenen Novellierung beinhalten folgende Aspekte (Öko-Institut 2021):

- Festlegung von Wärmenetzversorgungsgebieten
- Benennung einer Monopol-Wärmegesellschaft
- Regulierung der Wärmetarife
- Einführung von CO₂-Reduktionsstandards.

Planungsinstrumente

Mit dem 2019 verabschiedeten Klimaabkommen haben die Niederlande einen umfassenden Ansatz für die Wärmeplanung (Quartiersansatz) vorgestellt, in dem die kommunale Ebene eine zentrale Rolle einnimmt. Eine ausführliche Analyse des Ansatzes sowie seiner Übertragbarkeit auf Deutschland wurde in (Öko-Institut 2021) durchgeführt, im vorliegenden Text werden einige Elemente zusammenfassend dargestellt³².

Vorgehen und Elemente:

- Im ersten Schritt wird eine „Transition Vision“ erstellt, in der die Kommunen einen Zeitplan für die Transformation der einzelnen Quartiere erarbeiten und diejenigen Quartiere auswählen, die im Zeitraum bis 2030 vom Gasnetz getrennt werden. Dabei orientiert sich die Anzahl der ausgewählten Quartiere am Zielbild einer vollständigen Dekarbonisierung bis zum Jahr 2050, wobei bis zum Jahr 2030 ca. ein Fünftel der Quartiere ausgewählt werden sollen (ECW 2021). Für die ausgewählten Quartiere wird zudem eine Dekarbonisierungsstrategie ausgewählt. Die Grundlage dafür bildet ein festgelegtes Set an Strategien sowie umfangreiche zentral bereitgestellte Daten und Berechnungen (siehe folgender Abschnitt zu Datengrundlagen und Methodik).
- Der Umsetzungsplan konkretisiert die Transition Vision auf Quartiersebene und beschreibt das detaillierte Vorgehen zur Transformation der Quartiere. Der Umsetzungsplan beschreibt für einzelne Quartiere, welche Transformationsstrategien wann umgesetzt werden und beinhaltet konkrete Maßnahmen, die für die Umsetzung notwendig sind.
- Gleichzeitig müssen die Regionen eine regionale Energiestrategie (RES) erstellen, in der sie die möglichen Standorte und Strategien für die Erzeugung von erneuerbarer Energie darlegen. Die RES werden in 30 Regionen entwickelt und bilden die Grundlage für Entscheidungen über die (regionale) Erzeugung von erneuerbaren Energien, die Nutzung bestehender Wärmequellen und die Planung der Energieinfrastruktur. Die RES beinhaltet die Untersuchung des Wärmebedarfs und der Wärmeerzeugung sowie von regionalen Infrastrukturen.

Datengrundlagen und Methodik:

Die *Startanalyse* ist ein auf nationaler Ebene zentral bereitgestellter Datensatz und beinhaltet techno-ökonomische Berechnung von fünf Strategien zur Dekarbonisierung auf Quartiersebene.

³¹ <https://www.internetconsultatie.nl/warmtewet2>

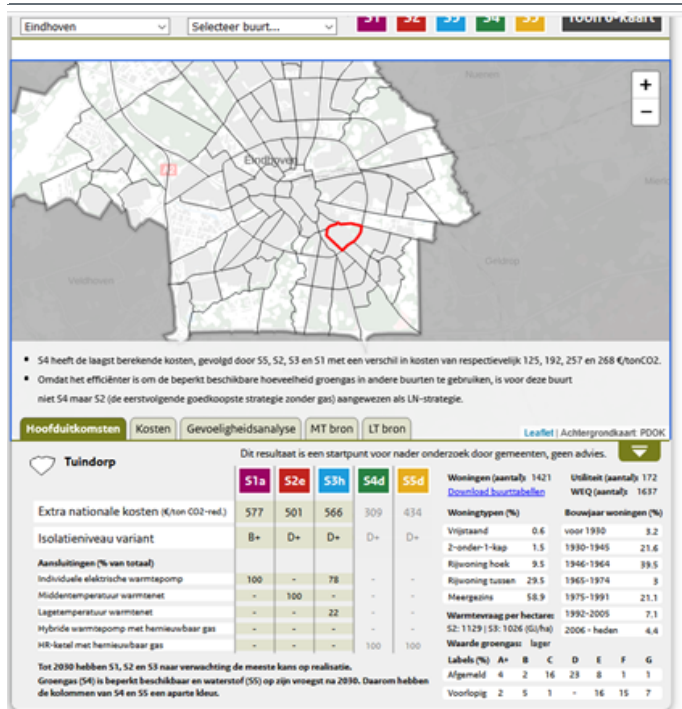
³² Die Ausführungen sind weitestgehend wortgleich dem genannten Gutachten entnommen.

Die detaillierten Berechnungen werden in einem Dokument dargestellt, und es erfolgt eine Aufbereitung auf der Webseite des niederländischen Kompetenzzentrums Wärme ECW (siehe Abbildung 27). Es werden die folgenden Strategien betrachtet (PBL 2020):

- 1.** Dezentrale elektrische Wärmepumpen: Sanierung der Gebäude zur Effizienzklasse B und Austausch von Radiatoren durch Niedertemperatur-Systeme. Die Wärmebereitstellung erfolgt durch elektrische Wärmepumpen mit Pufferspeicher. Die Strategie umfasst eine Variante mit Luftwärmepumpen sowie mit Erdwärmepumpen.
- 2.** Wärmenetz (mittlere/hohe Temperatur): Beheizung der Gebäude durch ein Wärmenetz mit einer mittleren Vorlauftemperatur von 70 °C. Es werden Varianten auf Basis verschiedener Wärmequellen (industrielle Abwärme oder Geothermie) sowie verschiedener Gebäudeeffizienzklassen³³ berechnet. In einer vorherigen Version der Startanalyse wurden zudem Spitzenlastkessel mit grünem Gas betrachtet. Diese sind allerdings in der Version vom September 2020 nicht mehr enthalten, da die Berechnungen durchgehend zeigten, dass die Option deutlich teurer als die verbleibenden Optionen ist.
- 3.** Wärmenetz (Niedertemperatur): Wärmenetz, das aus Niedertemperaturquellen gespeist wird mit anschließendem Temperaturhub im Gebäude oder für Gebäudegruppen. Es werden Varianten betrachtet für verschiedene Gebäudeeffizienzklassen.
- 4.** Biogas: Wärmebereitstellung durch Gas-Brennwertkessel oder hybride Wärmepumpen unter Verwendung von grünem Gas. Es werden Varianten mit verschiedenen Gebäudeeffizienzklassen betrachtet. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Biogas wird die Strategie nur für ausgewählte Quartiere empfohlen.
- 5.** Wasserstoff: Die Strategie wird analog zur Strategie 4) betrachtet, wobei an Stelle von Biogas Wasserstoff eingesetzt wird. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Wasserstoff wird die Strategie nur für ausgewählte Quartiere empfohlen und steht erst ab dem Jahr 2030 als mögliche Dekarbonisierungsstrategie zur Verfügung.

33 In der Startanalyse 2020 werden die Niederländischen Effizienzklassen (schillabel) B und D betrachtet

Abbildung 27: Beispielhafte Darstellung der bereitgestellten Informationen auf der ECW-Webseite



Quelle: ECW Webseite, Darstellung aus Öko-Institut (2021)

Während die Startanalyse eine erste Entscheidungsgrundlage basierend auf techno-ökonomischen Daten liefert, wird die Erstanalyse typischerweise mit lokalen Daten ergänzt. Eine Handreichung hierfür stellt der Leitfaden für die lokale Analyse dar (ECW 2020). Für die Analyse sollen einheitliche Definitionen und Kennzahlen verwendet werden.

Umgang mit Biomasse und Wasserstoff

Für Biogas nimmt die Startanalyse an, dass in den Niederlanden insgesamt langfristig maximal 2 Mrd. m³ für Wärmeversorgung in Gebäuden zur Verfügung stehen werden, wovon ein Viertel für den Betrieb von Spitzenlastkesseln in Wärmenetzen benötigt wird, so dass gesamt maximal 1,5 Mrd. m³ für die Beheizung einzelner Gebäude zur Verfügung stehen werden³⁴.

Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit können nicht alle Quartiere mit Biogas versorgt werden, bei denen Biogas in der Startanalyse die günstigste der fünf Strategien darstellt. Die gesamte Menge an Biogas, die für diejenigen Quartiere benötigen würde, in denen Biogas die günstigste Variante darstellt, entspricht mit 8 Mrd. m³ etwa einem Fünffachen des vorhandenen Potenzi- als³⁵.

Um eine Auswahl zu treffen, welche Quartiere durch Biogas versorgt werden können, wird für alle Quartiere, in denen Biogas die günstigste Option darstellt, berechnet, welche Differenzkosten sich

34 Startanalyse S. 40 (PBL 2020)

35 Startanalyse S. 67 (PBL 2020)

zur nächstgünstigsten Option ergeben. Durch dieses Vorgehen werden diejenigen Quartiere identifiziert, bei denen sich durch die Nutzung von Biogas die größten Kostenvorteile ergeben. Der Wert der Differenzkosten wird für jedes Quartier berechnet und in den Berichten der Startanalyse ausgewiesen.

Auf der Basis der Berechnung der Differenzkosten wird eine Kostenpotenzialkurve erstellt, in der die Quartiere entsprechend der Differenzkosten angeordnet werden. Anhand der Kostenpotenzialkurve kann der Wert der Differenzkosten identifiziert werden, oberhalb dessen das verfügbare Potenzial an Biogas für die Quartiere zur Verfügung steht. In der Startanalyse wird dieser Wert zu 1,35 Euro/m³ angegeben. Dieser Wert bildet eine Orientierung für die Kommunen um einzuschätzen, bei welchen Quartieren Biogas als Option in Frage kommt. Bei Quartieren, bei denen die Differenzkosten unterhalb des Werts von 1,35 Euro/m³ liegen, ist damit zu rechnen, dass Biogas nicht als Option zur Verfügung steht.

Für Wasserstoff bestehen keine Abschätzungen des Potenzials, die Option der Dekarbonisierungsstrategie ist allerdings erst ab 2030 zulässig.

Förderprogramme und Capacity building

Im Rahmen des Programms „Erdgasfreie Quartiere“ (Programma Aardgasvrije Wijken, PAW) erfolgt in den kommenden Jahren in etwa 100 Quartieren als Reallabore eine Transformation hin zu einer erdgasfreien Wärmeversorgung. Im Jahr 2018 startete die erste Tranche von 27 Pilotprojekten, im Oktober 2020 wurden 19 weitere Quartiere ausgewählt³⁶ und für das Jahr 2021 ist eine weitere Tranche vorgesehen. Eine weitere Säule des PAW ist das Kenntnis- und Lernprogramm (Kennis- en Leerprogramma, KLP), das vom Verband der Niederländischen Kommunen (VNG³⁷) koordiniert wird und zum Ziel hat, die Kommunen bei ihren Aufgaben der Wärmeplanung zu unterstützen.

Sonstiges

Das „Energiesprong“-Konzept zur seriellen Sanierung mit vorgefertigten Elementen hat seinen Ursprung in den Niederlanden. Es besteht dort bereits seit mehr als zehn Jahren und wird unter dem Namen Stroomversnelling³⁸ weitergeführt. In Deutschland bestehen umfangreiche Aktivitäten zur Übertragung des Konzeptes auf den deutschen Gebäudebestand. Eine Übersicht der bestehenden Projekte und Pilotvorhaben findet sich auf der Webseite [Energiesprong.de](https://energiesprong.de)³⁹.

Der von ECW erstellte Wärmeatlas ist eine digitale geographische Karte, die das Angebot und die Nachfrage nach Wärme in den Niederlanden darstellt. Ziel des Wärmeatlas ist es, den Marktteilnehmenden und den Regionen einen Einblick in die Potenziale für eine nachhaltigere Beheizung von Gebäuden – insbesondere auch von Gewächshäusern – zu geben. Der Wärmeatlas wird in der Regel jährlich aktualisiert, wenn neue Daten verfügbar sind (Netherlands Enterprise Agency 2020a).

36 <https://aardgasvrijewijken.nl/proeftuinen/huidigeproeftuinen/default.aspx>

37 <https://vng.nl/>

38 <https://stroomversnelling.nl/>

39 <https://www.energiesprong.de/marktentwicklung-aktuell/aktuelle-prototypen/>

7.4 Lessons learned und Übertragbarkeit auf Deutschland

Die Niederlande planen einen ambitionierten und zügigen Ausstieg aus der fossilen Wärmeerzeugung, die dort v.a. mit Erdgas erfolgt. Als zentrale Strategie zur Transformation der Wärmeversorgung von Gebäuden ist das im Rahmen des Energieabkommens aus dem Jahr 2019 eingeführte Konzept der Wärmeplanung.

Das Konzept enthält zahlreiche Elemente, die für die Wärmewende in Deutschland übertragbar sind (siehe auch Öko-Institut 2021):

- Ein zentraler Aspekt ist die Konkretisierung der Vorgehensweise zur Erreichung der nationalen Ziele, bei der in den Niederlanden ein Quartiersansatz gewählt wird. Den Kommunen kommt damit die Aufgabe zu, einen räumlich aufgelösten, konkreten Zeitplan für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung zu entwerfen und umzusetzen.
- Für die Nutzung von Biomasse wurde ein konkretes Vorgehen entwickelt, das basierend auf Annahmen zum verfügbaren Potenzial und zu Kostenaspekten die Basis für eine räumliche Zuordnung der Ressourcen ermöglicht.
- Die Stärkung der Rolle der Kommunen für die Wärmewende stellt auch für Deutschland einen vielversprechenden Ansatz dar. Dies kann z.B. über die Einführung einer verpflichtenden kommunalen Wärmeplanung erfolgen.
- Die Unterstützung der Kommunen beim Auf- bzw. Ausbau von Kompetenzen im Bereich der Wärmeplanung ist auch bei einer flächendeckenden Einführung in Deutschland von großer Bedeutung. Die Entwicklung von Angeboten zur Beratung und Kompetenzbildung kann und sollte unter Einbezug der bestehenden Strukturen und Akteur:innen erfolgen. Die umfangreichen durch das niederländische ECW entwickelten Beratungs-, Vernetzungs- und Fortbildungsangebote können als Vorbild dienen.
- Durch bundesrechtliche Vorgaben im Rahmen einer Bundeswärmeplanung zur Verwendung von Rahmendaten (z.B. Technologiekosten, Energiekosten) sowie zur Strukturierung der Ergebnisse kann eine Vergleichbarkeit erreicht werden.
- Bundesrechtliche Vorgaben gegenüber den Ländern zur Einhaltung von Fristen zum Abschluss bestimmter Planungs- und Umsetzungsschritte in einem Mindestanteil der Kommunen erscheinen sinnvoll und zulässig.
- Anders als in den Niederlanden erscheint für Deutschland die Entwicklung von Wärmeplänen auf kommunaler Ebene sinnvoller als ein quartiersweises Vorgehen. Erst bei der Umsetzung der Wärmepläne bietet sich ein quartiersweises Vorgehen an.
- Zur Überwindung der zu erwartenden praktischen Probleme beim Rückzug des Gasnetzes aus Quartieren sollte der niederländische Ansatz von Reallaboren vom Bund für Pionier-Quartiere aufgegriffen und gefördert werden.
- Der Ansatz der Förderung von Pilotprojekten in der frühen Phase der Einführung einer Wärmeplanung stellt auch für Deutschland einen vielversprechenden Ansatz dar. Durch die Betrachtung und Auswertung der Erfahrungen können wichtige Erkenntnisse für die flächendeckende Einführung gewonnen werden.
- Die Beteiligung der zentralen Akteur:innen kann auch bei einer möglichen Einführung einer Wärmeplanung in Deutschland als wichtiger Erfolgsfaktor gesehen werden.

Neben dem Konzept der Wärmeplanung lassen sich auch aus dem Ansatz der Mindesteffizienzstandards für Bestandsgebäude wichtige Handlungspotenziale ableiten:

- Die Einführung von Mindeststandards für Bestandsgebäude schafft Planungssicherheit für Investor:innen, da bereits frühzeitig festgelegt angekündigt wird, welche Standards erfüllt werden müssen.

- Das Instrument entfaltet bereits seit seiner Ankündigung Wirkung und stellt einen wichtigen Treiber für Sanierungsaktivitäten dar.
- Das Instrument hat sich in den Niederlanden als sehr wirksam dargestellt, so dass eine Prüfung der Umsetzung für verschiedene Gebäudesegmente in Deutschland zu empfehlen ist.

8 Industrielle Prozesswärme

Autoren: Sebastian Leopoldus, Nils Seckinger, Benjamin Ott, Prof. Dr. Peter Radgen (IER)

8.1 Einführung

Im Folgenden werden die wesentlichen Instrumente zur direkten und indirekten Förderung für erneuerbare Energien, Energieeffizienz und zur Weiterentwicklung von Infrastrukturen sowie Planungsinstrumente im internationalen Vergleich beschrieben. Zu den analysierten Ländern zählen Dänemark, Niederlande, Frankreich, Schweden und Finnland. Im Industriebereich ist hierbei die Struktur des Sektors entscheidend, denn besonders in der energieintensiven Industrie werden häufig spezielle Befreiungen und Regulierungen bei Energiepreisen und dem internationalen Emissionshandel gemacht, um Carbon Leakage zu verhindern und die heimische Industrie zu schützen. Deshalb wird vor die Analyse der Politikinstrumente eine kurze Übersicht zur wirtschaftlichen Struktur und Emissionsintensität der betrachteten Länder gestellt.

Die methodische Vorgehensweise sieht zunächst eine Auswertung der Produktionsdaten von Eurostat und Prodcorn vor. Als Basis der Recherche zu den Politikinstrumenten dient die Auswertung der landesspezifischen Nationalen Energie- und Klimapläne (National Energy and Climate Plan - NECP) und Datenbankabgleiche mit der Policy-Datenbank der Internationalen Energieagentur (IEA) sowie spezielle Nachprüfungen einzelner Politikinstrumente. Diese werden dann in die jeweiligen Kategorien

- CO₂-Preis
- Energieaudits und Energiemanagementsysteme
- Subventionsprogramme
- Verpflichtungen / Regulatorischer Rahmen
- Informationen und Netzwerke
- Forschung und Entwicklung
- Freiwillige Abkommen

eingeteilt und für die einzelnen Länder beschrieben. In einer abschließenden Zusammenfassung werden stichpunktartig die wichtigsten Elemente gelistet.

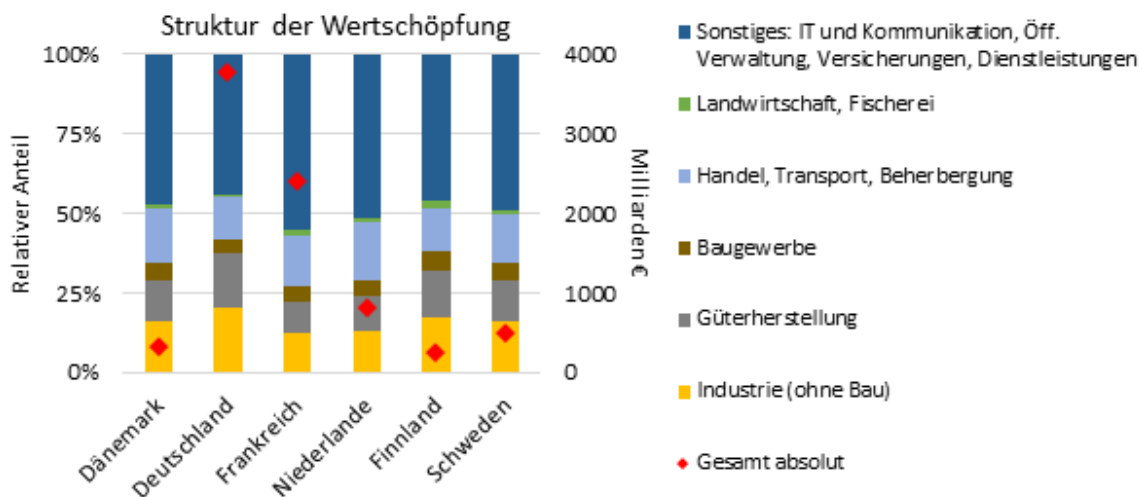
Steckbriefe der Länder:

Die Struktur der Wertschöpfung der betrachteten Länder zeigt deutlich, dass alle betrachteten Länder eine relevante industrielle Erzeugung aufweisen. Frankreich zählt neben Deutschland zu dem Land mit der höchsten absoluten Wertschöpfung. Mit einem Anteil von knapp unter 25 % haben die Industrie und Güterherstellung in Frankreich und den Niederlanden den geringsten Anteil.

Industriestruktur:

- Die dänische Industrie besteht hauptsächlich aus nicht energieintensiven Unternehmen wie Nahrungs- und Genussmittel, Schiffsbau, Textil- und Möbelindustrie sowie den energieintensiven Unternehmen aus der Chemie- und Metallindustrie.
- In Frankreich liegt der Fokus der Industrie im Bereich des Automobilbaus, dem Maschinenbau, der Rüstungsindustrie, Elektrotechnik sowie Nahrungs- und Genussmittel.
- In den Niederlanden ist die Industrie durch die Erz- und Mineralgewinnung, Öl- und chemische Industrie, Nahrungs- und Genussmittel sowie die Elektrotechnik geprägt.
- Die Holz- und Papierindustrie bilden zusammen mit der Elektronik- und Metallbranche die wichtigsten Industriezweige in Finnland.
- In Schweden liegt der Fokus auf der Automobilindustrie, der Stahlindustrie, der Holz- und Papier- sowie Möbelindustrie und der Elektronikbranche.

Abbildung 28: Struktur der Wertschöpfung in den untersuchten Ländern im Jahr 2019.



Quelle: Eurostat.

Aufgrund der weniger energieintensiven Wirtschaft besitzt Dänemark eine höhere Energieproduktivität als die übrigen betrachteten Länder. In Finnland ist die Wertschöpfung pro Energieverbrauch am geringsten.

Folglich ist die Emissionsintensität der Industrie (Treibhausgasemissionen in der Industrie geteilt durch die Wertschöpfung in der Industrie) in Dänemark mit knappen 40 % Anteil an erneuerbaren Energien (EE) am geringsten. Frankreich und Finnland haben die höchste Emissionsintensität in der Industrie.

Die Abnehmerpreise für Strom sind in den Niederlanden am höchsten und mit den sehr hohen Preisen in Deutschland vergleichbar. Die übrigen Länder sind mit relativ geringen Abnehmerpreisen für Strom deutlich günstiger als Deutschland (Ausnahme für den französischen Strompreis bei 2 GWh/a).

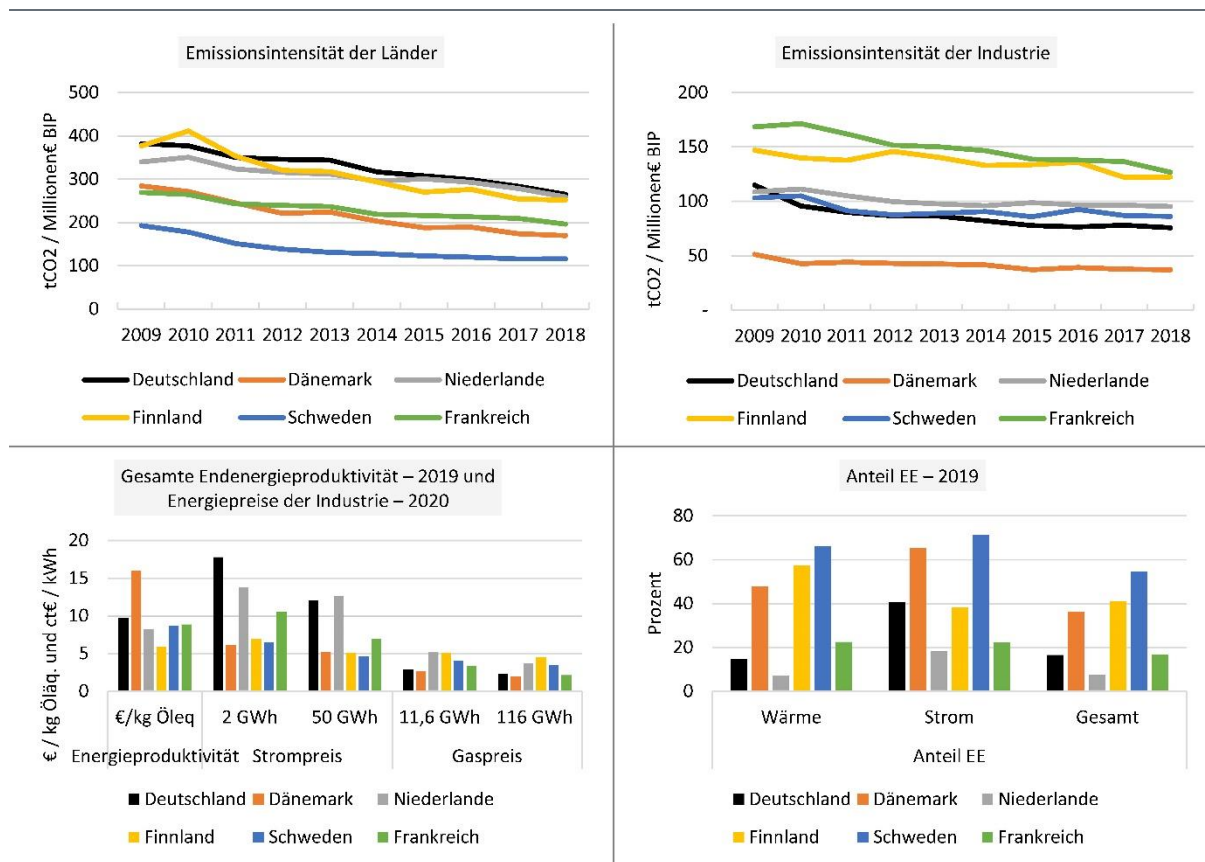
Der Gaspreis ist in Finnland, den Niederlanden und Schweden am Höchsten – jedoch in allen Ländern unter 5 €/MWh (Ausnahme Finnland mit durchschnittlich 5,13 €/MWh bei einer Abnahmemenge von 11,6 GWh/a).

Die Niederlande (7,4 %) und Frankreich (16,6 %) sind mit Deutschland (16,5 %) die Schlusslichter beim Einsatz von erneuerbaren Energien. Die insgesamt geringeren Anteile als die Summe von Strom und Wärme weisen auf den emissionsintensiven Verkehrssektor hin. Bei der Wärmebereitstellung sind Schweden, Finnland und Dänemark die Länder mit den höchsten EE-Anteilen. Ein Blick auf die Emissionsintensität der Industrie zeigt, dass in Finnland und Schweden vor allem die Wärmeversorgung der Raumwärme (durch Biomasse) dekarbonisiert wird.

Wärmebedarf der Industrie nach Temperaturniveau:

- Deutschland: etwa 70 % > 100 °C und 50 % > 500 °C, dominiert von Erdgas
- Dänemark: etwa 65 % > 100 °C und 20 % > 500 °C, dominiert von Erdgas
- Niederlande: etwa 70 % > 100 °C und 50 % > 500 °C, dominiert von Erdgas
- Finnland: etwa 70 % > 100 °C und 15 % > 500 °C, dominiert von Biomasse
- Schweden: etwa 85 % > 100 °C und 20 % > 500 °C, dominiert von Biomasse
- Frankreich: etwa 70 % > 100 °C und 45 % > 500 °C, dominiert von Erdgas

Abbildung 29: Emissionsintensität der untersuchten Länder und deren Industrie. Energieproduktivität, Energiepreise und die Anteile erneuerbarer Energien am Bruttoendenergiebedarf.



Quelle: Eurostat.

8.2 CO₂-Bepreisung

Alle untersuchten Länder veranschlagen einen CO₂-Preis. Unterschiedlich ist der Umgang im Zusammenspiel mit dem EU-Emissionshandelssystem (Emissions Trading System – ETS) sowie die Höhe des Preises. Die Industrie profitiert grundsätzlich von Erleichterungen, die teilweise an freiwillige Abkommen gekoppelt werden. Dieser Abschnitt behandelt explizit den CO₂-Preis, der bei der Erzeugung von Prozesswärme erhoben wird. Die Erzeugung von Raumwärme zur Beheizung von industriellen Gebäuden oder eine stoffliche Nutzung der Brennstoffe werden nicht betrachtet.

Im Zusammenspiel mit dem europäischen Emissionshandelssystem gelten in den Ländern folgende Regeln: Sowohl in Finnland als auch in den Niederlanden wird für alle Unternehmen ein CO₂-Preis fällig, selbst wenn sie bereits unter das Emissionshandelssystem fallen. In diesen Ländern wird demnach eine Doppelbelastung in Kauf genommen. In Frankreich müssen Unternehmen, die bereits Teil des EU-ETS sind, nur einen reduzierten CO₂-Preis bezahlen. In Dänemark und in Schweden werden diese Unternehmen gänzlich vom CO₂-Preis befreit.

Die effektiven durchschnittlichen Preise pro Tonne CO₂ in der Industrie (Werte von 2019) liegen in Finnland und Schweden mit etwa 64 € bzw. 62 € am höchsten, gefolgt von Dänemark mit etwa 50 € und den Niederlanden mit etwa 44 €. Frankreich bildet mit etwa 8 € das Schlusslicht.

Ausnahmen für gewisse Branchen oder Brennstoffe und andere Möglichkeiten zur Erlangung von Erleichterungen für die Industrie werden nachfolgend für die einzelnen Länder knapp beschrieben:

- In Dänemark sind mineralogische und metallurgische Prozesse vom CO₂-Preis befreit. Biobrennstoffe sind entweder preisbefreit oder deutlich geringer bepreist als fossile Brennstoffe (knapp 10 % des Preises). Bis zum Jahr 2010 konnte eine Reduktion des CO₂-Preises durch die Unterzeichnung eines freiwilligen Abkommens erreicht werden. Das freiwillige Abkommen wird mit der dänischen Energieagentur geschlossen und umfasst im Kern eine Zertifizierung nach ISO 50001 sowie eine verpflichtende Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen mit einer Amortisationszeit bis zu fünf Jahren. Diese Möglichkeit der Preiserleichterung besteht derzeit nur noch für den Strombereich.
- In Finnland werden Brennstoffe, die in KWK-Anlagen eingesetzt werden, um 50 % weniger bepreist. Torfprodukte sind gänzlich vom CO₂-Preis befreit.
- Neben der reduzierten Doppelbelastung, die im Zusammenspiel mit dem EU-ETS entstehen kann (siehe oben), profitieren in Frankreich auch die energieintensiven Industrien außerhalb des EU-ETS von Erleichterungen. Außerdem sind mineralogische und metallurgische Prozesse sowie die Verbrennung von Abfall und Biobrennstoffen vom CO₂-Preis befreit.
- In den Niederlanden wird die Last des CO₂-Preises in der Industrie durch Dispensationsrechte abgemildert. Das Dispensationsrecht errechnet sich aus der Multiplikation der Produktionsmenge mit einem CO₂-Emissionsfaktor (EU-Benchmark) und einem Reduktionsfaktor. Der Reduktionsfaktor liegt im Jahr 2021 bei 1,2, wird schrittweise reduziert und erreicht im Jahr 2030 einen Wert von 0,69. Somit sollen anfangs nur ineffiziente Emissionen und später auch effiziente Emissionen bepreist werden. Ein Überschuss an Dispensationsrechten kann mit anderen Unternehmen gehandelt werden, und falls Einnahmen über den CO₂-Preis generiert werden, fließen diese für ökologische Zwecke in die Industrie zurück. Für Unternehmen, die im Rahmen des Subventionsprogramms SDE++ (siehe Abschnitt zu Subventionsprogrammen) nicht wettbewerbsfähig sind, werden 125 Mio. € zur Umsetzung teurer CO₂-Reduktionsmaßnahmen bereitgestellt, damit auch diese Unternehmen von Preiserleichterungen profitieren können.
- In Schweden werden fossile Brennstoffe für industrielle Prozesse in den energieintensiven Industrien nicht mit einem CO₂-Preis belegt und Biobrennstoffe werden generell nicht bepreist. Brennstoffe, die in KWK-Anlagen eingesetzt werden, sind in Bezug auf die Stromerzeugung vom CO₂-Preis befreit, in Bezug auf die Wärmeerzeugung jedoch nicht.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der effektive CO₂-Preis in den betrachteten Ländern zwar teilweise deutliche Unterschiede in seiner Höhe aufweist, das System der Preiserleichterungen für die Industrie sich jedoch stark ähnelt. Lediglich die Niederlande gehen mit den Dispensationsrechten einen Sonderweg. Ob die Höhe und die Gestaltung des CO₂-Preises, insbesondere im Hinblick auf die zahlreichen Ausnahmen und Erleichterungen, zu den gewünschten Umbrüchen in der Industrie führen, ist fraglich. Der aktuelle Preis und die Preisentwicklung der nächsten Jahre liegen unterhalb des Preises, der notwendig wäre, um eine Transformation anzureizen.

8.3 Energieaudits und Energiemanagementsysteme

Artikel 8 der Richtlinie 2012/27/EU verpflichtet EU-weit große Unternehmen zur Durchführung eines Energieaudits, mindestens alle vier Jahre. Diese Energieaudits können auch im Rahmen eines Energiemanagementsystems, beispielsweise nach der Norm ISO 50001 durchgeführt werden. Die betrachteten Länder haben über Artikel 8 der EED hinaus weitere Maßnahmen eingeführt.

In *Dänemark* kann auf ein zertifiziertes Energie- oder Umweltmanagementsystem bei einem Energieverbrauch von < 1 GWh pro Jahr verzichtet werden. Aus Gründen der Kosteneffizienz reicht dann ein vereinfachtes Audit aus. Es besteht jedoch keine Verpflichtung, das im Audit identifizierte Einsparpotential zu heben. In *Finnland* können KMU auf freiwilliger Basis an einem Energieauditprogramm (energy audit programme) teilnehmen, welches mit 40-50 % subventioniert wird. Die überwiegende Mehrheit der Audits wird im Rahmen des freiwilligen Abkommens (siehe den Abschnitt zu Freiwilligen Abkommen) durchgeführt. Darüber hinaus sollen Möglichkeiten zur Nutzung von erneuerbaren Energien ausgearbeitet und deren Einsparpotentials ermittelt werden. Anschließend ist eine Abschätzung der Auswirkungen dieser Maßnahmen vorgesehen.

Auch in *Frankreich* werden KMU bei der Verbreitung von Energieaudits und Energiemanagementsystemen gefördert, in diesem Fall über die staatliche ADEME-Agentur für die ökologische Transition. Dabei erfolgt eine „Hilfe bei der Entscheidungsfindung“ und die Finanzierung der Durchführung von Studien zur Energieeffizienz (insbesondere Audits). Bis zu 70 % der Kosten und maximal 50.000 € werden übernommen, wobei das Gesamtbudget der Förderung 1,5 Mio. € beträgt. Zusätzlich werden bis zu 100.000 € für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen bereitgestellt. Daneben soll bei großen und mittleren Unternehmen im Zuge der Energieaudits eine technische und finanzielle Bewertung der Möglichkeiten solarer und geothermischer Wärmeerzeugung stattfinden.

Ähnliches gilt in den *Niederlanden*, wo nicht von der Auditpflicht betroffene Unternehmen über eine freiwillige Vereinbarung ein Energiemanagementsystem implementieren können. Zusätzlich müssen alle von der Auditpflicht betroffenen Unternehmen alle vier Jahre einen Energieeffizienzplan aufstellen und die kosteneffizienten Maßnahmen umsetzen. Darüber hinaus ist eine jährliche Berichterstattung über die ergriffenen Maßnahmen vorgesehen.

In *Schweden* ist ebenfalls ein Programm für KMU mit einem Gesamtbudget von 560 Mio. SEK (= 55 Mio. €) vorgesehen, verteilt auf sieben Jahre. Dieses wird zu einer Hälfte von der schwedischen Regierung und zur anderen Hälfte vom europäischen Fonds für regionale Entwicklung finanziert.

Im Großteil der analysierten Länder werden die vorgeschriebenen Energieaudits um eine freiwillige Durchführung erweitert. Hierbei können kleinere und mittlere Unternehmen mit staatlicher Unterstützung Energieaudits durchführen. Je nach Land müssen darauf aufbauend Maßnahmen zur Effizienzsteigerung umgesetzt werden. Damit wird mit diesem Instrument im günstigsten Fall eine Steigerung der Effizienz erzielt; eine grundlegende Transformation bleibt aber außen vor. Die Energieaudits können als eher bedingt ambitioniert eingestuft werden, da nicht in allen Ländern, mit Ausnahme der Niederlande, auf den Energieaudits aufbauende Maßnahmen vorgeschrieben sind, bzw. die dann zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel für eine umfangreiche energetische Transformation der Industrie wahrscheinlich nicht ausreichend sind.

8.4 Subventionsprogramme

Mit einem wettbewerbsfähigen Subventionsprogramm für private Unternehmen bemüht sich *Dänemark* um eine Energieeinsparung in Unternehmen über alle Energiearten und Sektoren hinweg. Voraussetzung hierfür ist, dass die Gesamteinsparung zu mehr als 50 % im Bereich der Prozessenergie anfällt. Eine Kombination mit Raumwärme bzw. -kühlung ist nur dann förderfähig, wenn sie mit Prozessenergie kombiniert wird. Für dieses Subventionsprogramm sind 300 Mio. DKK (= 40 Mio. €) pro Jahr von 2021 bis 2024 vorgesehen, wobei eine individuelle Subventionsobergrenze existiert. Die Zuschussregelung erfolgt mit einem wettbewerblichem Ausschreibungsverfahren, bei dem für die Bewertung das Verhältnis der Förderhöhe zu den eingesparten kWh herangezogen wird. Anbieter mit dem geringsten Verhältnis werden dann beim Zuschlag priorisiert. Insgesamt wird eine kumulative Einsparung von 41,16 PJ erwartet.

In *Frankreich* gibt es einen Fördermechanismus für die Entwicklung von CO₂-freiem Wasserstoff mit bis zu 50 Mio. € pro Jahr. Dazu gehört auch die Unterstützung für Innovationen, insbesondere zur industriellen Entwicklung und Hochskalierung. Daneben ist eine Nachverfolgungsmöglichkeit für CO₂-freien Wasserstoff vorgesehen.

In *Schweden* gab es bis 2020 das „Energisteg“ (Energy Step) Förderprogramm mit dem Fokus auf die Unterstützung von Energieeffizienzmaßnahmen, insbesondere im Bergbau und dem verarbeitenden Gewerbe. Große Unternehmen, die ein Energy Mapping durchgeführt haben, konnten finanzielle Unterstützung erhalten. Finanziell unterstützt wurden entweder die Planung bzw. Analyse von Umweltauswirkungen oder aber Investitionsförderungen für die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen, die durch das gesetzlich vorgeschriebene Energy Mapping (siehe auch Abschnitt Verpflichtungen / Regulatorischer Rahmen) identifiziert wurden. Hierfür waren 125 Mio. SEK (= 12,4 Mio. €) vorgesehen.

Im Gegensatz dazu ist das Subventionsprogramm in den *Niederlanden* deutlich umfangreicher und detaillierter. Das Anreizsystem für nachhaltige Energieerzeugung (SDE+) ist dort das wichtigste Subventionsinstrument zur Erreichung der Ziele hinsichtlich erneuerbarer Energien. Das Programm ist technologieoffen, wobei eine Beschränkung von Carbon Capture and Storage (CCS) implementiert ist. Hintergrund ist eine Vermeidung der Beeinträchtigung von Technologien, die vor allem für einen langfristigen Übergang geeignet sind. CCS ist nur dann förderfähig, wenn für den jeweiligen Prozess/Sektor keine kosteneffiziente Alternative verfügbar ist. Dabei gilt eine Obergrenze von 7,2 Mio. Tonnen THG; zusätzlich sind ab 2035 keine neuen Förderungen mehr von CCS geplant, mit Ausnahme von CCS für Negativ-Emissionen. Für die Vergabe der Fördermittel wird ein Bieterverfahren genutzt, bei dem jedes Jahr ein festgelegtes Budget dazu genutzt wird, um die kostengünstigen Technologien bevorzugt zu fördern. Im Jahr 2020 betrug das Budget 4 Mrd. €. Dabei konkurrieren alle Kategorien (erneuerbarer Strom, erneuerbare KWK, erneuerbares Gas, CO₂-arme Wärme, CO₂-arme Produktion) um das gleiche Budget. Die Vergabe erfolgt in mehreren Vergaberunden mit einem Höchstpreis pro Runde. Je Runde gibt es eine „freie Kategorie“. Damit können Technologien mit höheren Kosten einen niedrigen Förderbetrag beantragen. Auf diese Weise kann eine Kostenreduktion in teureren Technologieklassen und eine Förderung von „Technologieführern“ mit effizienterem Kostenmodell erzielt werden. Seit 2020 gibt es darüber hinaus eine Erweiterung zu SDE++, bei dem neben erneuerbarer Energie auch andere treibhausgasreduzierende Maßnahmen förderfähig sind. Das gesamte Förderprogramm ist auf Kosteneffizienz ausgerichtet und dient der Förderung von marktreifen, groß angelegten Reduktionsmaßnahmen durch Abdeckung der unrentablen Top-Marge von Technologien mittels Betriebskostenzuschuss.

Die Subventionsprogramme der betrachteten Länder konzentrieren sich vor allem auf die Erhöhung der Effizienz, wobei sich die dazu vorgesehenen Maßnahmen teilweise unterscheiden. Eine Ausnahme bilden die SDE+/SDE++ Programme der Niederlande. Mit ihrer Technologieoffenheit bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Kosten-effizienz und dem verhältnismäßig umfangreichen Budget sind sie eher für eine zügige und deutliche Erhöhung des Anteils an erneuerbaren Energien geeignet. Das SDE+/SDE++ Programm ist damit eine (Subventions-)Maßnahme, die am ehesten für eine tiefgehende Transformation der Industrielandschaft geeignet ist. Die Programme in Dänemark und den Niederlanden besitzen darüber hinaus Komponenten, die sich auf die Wärmeversorgung auswirken und dort einen Anreiz zur Energieeinsparung liefern.

8.5 Verpflichtungen / Regulatorischer Rahmen

In Bezug auf die ordnungsrechtlichen Verpflichtungen der Unternehmen sind vor allem die Niederlande und Schweden erwähnenswert. In *Schweden* besteht eine Verpflichtung von großen Unternehmen zur Erstellung von Energieeinsparplänen (Energy Maps). In diesen sollen der Gesamtenergieverbrauch und Vorschläge zu kosteneffizienten Effizienzmaßnahmen enthalten sein. Die Energieeinsparpläne sollen alle vier Jahre erstellt werden. KMU können eine finanzielle Unterstützung für Energieeinsparpläne beantragen, die bis zu 50 % der Kosten übernimmt, wobei der Förderbetrag auf maximal 50.000 SEK (= 4.952 €) beschränkt ist. Im Gegensatz dazu sind die Verpflichtungen in den *Niederlanden* umfangreicher. Sämtliche Unternehmen, die einen jährlichen Verbrauch von min. 50.000 kWh Strom oder 25.000 m³ Gas (oder äquivalent) aufweisen, unterliegen einer Energieeinsparverpflichtung. Gemäß dieser müssen alle Energieeinsparmaßnahmen mit einer Amortisationszeit von bis zu fünf Jahren ergriffen werden. Neben den Energiesparmaßnahmen ist auch eine nachhaltige Energieerzeugung möglich. Des Weiteren unterliegen die Unternehmen alle vier Jahre einer Berichtspflicht über alle getroffenen Maßnahmen. Dazu gibt es zusätzlich anerkannte branchenspezifische Maßnahmenlisten für 19 Branchen.

In Frankreich werden „Weiße Zertifikate“ durch das Energieministerium an Stakeholder, die Energiesparmaßnahmen entsprechend den Kriterien der Verordnung durchgeführt haben, ausgegeben. Dabei entspricht 1 WC (white certificate) einer Einsparung von 1 kWh pro Jahr bis an das Lebensende der Anlage. Zusätzlich können die Zertifikate frei gehandelt werden. Die Zertifikate können sowohl über standardisierte als auch über spezifische Maßnahmen erlangt werden. Im ersten Fall über Merkblätter für gebräuchliche Maßnahmen, um eine Umsetzung zu erleichtern, welche nach Sektoren klassifiziert wird, oder im zweiten Fall über Merkblätter, welche pauschale Einsparungen (kWh) und den Lebenszyklus der Maßnahmen enthalten. Der zweite Fall ist vor allem dann von Bedeutung, wenn Vorgänge nicht standardisiert werden können, insbesondere im Hinblick auf die Festlegung eines Pauschalwertes. Dies beinhaltet sechs Schritte mit der Durchführung eines Energieaudits, der Aufnahme der Ist-Situation vor der Maßnahme, der Ermittlung der Baseline-Situation und Rechtfertigung von Entscheidungen, der Ermittlung von Projektionen für die Situation nach der Maßnahme, mit Energiebilanzen „vorher und nachher“, der Begründung der Anzahl der geforderten Zertifikate und des Lebenszyklus der Maßnahme sowie zum Schluss der Begründung der Berechnung für die Kapitalrentabilität. Ab 2021 sollen Zertifikate für eine jährliche Einsparung von mindestens 2.133 TWh ausgegeben werden, welche im Vergleich zu den drei vorherigen Perioden ausgehend von 54 TWh deutlich angestiegen ist. Es erfolgt dabei die Erprobung einer kontrollierten Freigabe der Zertifikate unter Anlagen unter dem EU-ETS. Daneben vereinfachen zinsfreie Öko-Darlehen (PEE-Programm) die Erlangung von weißen Zertifikaten für KMU.

Die rechtlichen Verpflichtungen von Unternehmen unterscheiden sich in den betrachteten Ländern teilweise gravierend. *Schweden* fordert nur eine Erstellung von Energiesparplänen, welche

aber nicht zwingend eine große Lenkungswirkung auf den Energieverbrauch besitzen. Frankreich geht einen Schritt weiter mit der Ausgabe von „Weißen Zertifikaten“, mit denen ein Anreiz für Energiesparmaßnahmen erwirkt werden soll. Der Erwerb und die Veräußerung der „Weißen Zertifikate“ sind mit relativ hohen Transaktionskosten verbunden, womit sie sich insbesondere bei kleineren Energieeinsparungen nur bedingt lohnen. Gleichzeitig ist der Überwachungsaufwand sehr hoch, womit eine Eignung eher bei großen Projekten besteht. Insgesamt kann damit ein Beitrag für die Transformation geleistet werden, wohingegen es kein grundlegendes Instrument für die Transformation ist. Deutlich weiter gehen die Niederlande mit der Forderung nach einer Realisierung von Energiesparmaßnahmen ab bestimmten jährlichen Verbräuchen. Eine Übertragung der niederländischen Energieeinsparverpflichtung auf Deutschland könnte eine stärkere Lenkungswirkung für Energieeinsparungen liefern. Die in den Niederlanden vorgeschriebene Berichtspflicht ermöglicht gleichzeitig ein Monitoring der umgesetzten Maßnahmen. In Deutschland könnte damit der aktuelle Fortschritt bei der Energieeinsparung bestimmt werden, wobei mit einer häufigeren Berichtspflicht die Aktualität der Daten verbessert werden kann. Letztendlich wird aber auch in diesem Bereich die Chance einer umfangreichen Transformation des Energiesystems nicht genutzt und sich „nur“ auf die Erhöhung der Energieeffizienz fokussiert. Daneben fehlen explizite Maßnahmen im Bereich der Wärmebereitstellung, mit Ausnahme der Niederlande, wo ein Ansatz mit den Energiesparmaßnahmen, der nachhaltigen Energieerzeugung und den emissionsmindernden Maßnahmen erkennbar ist.

8.6 Information und Netzwerke

Einen Beitrag zur Einsparung von Energie in der Industrie sollen Informations- und Beratungsangebote leisten. Diese Angebote richten sich in erster Linie an kleine und mittlere Unternehmen, da die großen Unternehmen in der Regel bereits über Auditpflichten oder freiwillige Abkommen abgedeckt sind. Zudem sind in kleinen und mittleren Unternehmen die personellen Kapazitäten häufig begrenzt, sodass bei Energiefragen häufig Expertise von außen eingebracht werden muss.

Die Beratungsangebote bewegen sich üblicherweise allgemein im Bereich der Energieeffizienz, adressieren also nicht spezifisch die Prozesswärme. Es wird auf standardisierte Einsparmaßnahmen zurückgegriffen, um Effizienzpotentiale zu heben. Die Beratung durch externe Experten wird häufig durch Unternehmensnetzwerke gestützt, die den Erfahrungsaustausch zwischen den Unternehmen fördern und Hemmnissen entgegenwirken soll.

Frankreich geht einen Schritt weiter und möchte in hochindustriellen Gebieten wie beispielsweise Hafenzonen vorhandene lokale Netzwerke nutzen, um die Nutzung von industrieller Abwärme zu koordinieren. Dies soll allerdings auch durch Informations- und Schulungsangebote realisiert werden. Eine Informationspflicht wird nicht erwähnt.

Informationen zu Abwärme sind zwar wichtig und schaffen die Grundlage, auf die im nächsten Schritt regulatorische Maßnahmen folgen können, sind für sich genommen jedoch noch keine wirksame Maßnahme. Problematisch wird die Datenbeschaffung zur Abwärme. Üblicherweise geben Unternehmen solche Daten nur ungern preis, da unter Umständen Rückschlüsse auf Produktionsdaten gezogen werden können. Häufig fordern potenzielle Anbieter von Abwärme Daten hinsichtlich Menge und Temperaturniveau von potenziellen Abnehmern, und umgekehrt fordern potenzielle Abnehmer häufig die Veröffentlichung dieser Daten auf der Anbieterseite („Henne-Ei-Problem“).

8.7 Forschung und Entwicklung

Dänemark legt seine Forschungsprioritäten im Katalog Forsk2025 fest, der eine begrenzte Beteiligung von politischer Ebene enthält. Involviert sind in erster Linie Energieagenturen, Unternehmen und Forschungsinstitutionen. Der Forsk2025 ist keine Strategie im eigentlichen Sinne, sondern vielmehr ein umfassender Überblick über die wichtigsten Forschungsbereiche aus Sicht der Stakeholder.

Das wichtigste Forschungsprogramm ist das „Energy Technology Development and Demonstration Programme (EUDP)“. Damit werden private Unternehmen und Universitäten bei der Entwicklung von Technologien in den Bereichen erneuerbare Energien, Energieeffizienz, Brennstoffzellen und Wasserstoff, Integration von Energiesystemen und Speicherung sowie CCS unterstützt. Das Programm wird mit 40 Mio. € jährlich gefördert.

In *Finnland* existieren im Bereich Forschung und Entwicklung fünf Leuchtturm-Programme. Darunter auch „Climate Action“ und „Industrial-Renewal“. Im Climate Action Programm existieren vier Schwerpunkte, wobei ein Schwerpunkt explizit industrielle Prozesse adressiert („climate-neutral industrial processes (zero-C industry)“).

Im Jahr 2021 legte *Finnland* seine Agenda für nachhaltiges Wachstum vor. Die Unterstützung des grünen und digitalen Wandels in der Industrie umfasst unter anderem die Punkte (i) Förderung signifikanter Emissionssenkungen in der finnischen Industrie, (ii) Investitionen in CO₂-armen Wasserstoff und CCU (Carbon Capture & Utilization) in der Industrie (150 Mio. €) und (iii) Investitionen in die Elektrifizierung von Industrieprozessen, Verbesserungen der Energieeffizienz, Innovationen für CO₂-arme Brennstoffe und emissionsarme Lösungen (60 Mio. €).

Der Rahmen im Bereich Forschung und Entwicklung wird in *Frankreich* durch die Nationale Strategie für Forschung und Entwicklung im Energiebereich („Stratégie nationale de la recherche pour l'énergie (SNRE)“) geschaffen. Diese enthält ein breites Spektrum an nationalen F&E-Prioritäten, darunter erneuerbare Energien, Energiespeicherung, Brennstoffzellen und CCS.

Die wichtigste Initiative zur Beschleunigung der Einführung neuer Technologien ist das Programm für Investitionen in die Zukunft („Programme d'investissements d'avenir (PIA)“), das sich auf die Stufen der Innovationskette konzentriert, die der Marktumsetzung am nächsten sind. Es existieren acht Schlüsselinitiativen, darunter die Initiative „Industrieprojekte der Zukunft für die Energiewende“. Die Finanzierung wird über eine Kombination aus Zuschüssen und Finanzinstrumenten, wie z.B. rückzahlbare Vorschussdarlehen, realisiert.

Im Jahr 2021 legte *Frankreich* eine Roadmap zur Dekarbonisierung des Chemiesektors vor. Ziel ist eine Emissionsreduktion um 26 % bis 2030, verglichen mit dem Stand von 2015. Die Elemente umfassen im Wärmebereich die Erhöhung der Energieeffizienz und die Produktion von CO₂-armer Wärme durch den Einsatz von Biomasse und Ersatzbrennstoffen (aus Abfällen).

Frankreichs Wasserstoffplan setzt drei Prioritäten: (i) Die Verringerung der Treibhausgasemissionen für die Industrie, (ii) Die Entwicklung einer Wasserstoffindustrie und (iii) die Unterstützung von Forschung und Entwicklung. Ziel ist die Skalierung auf Industrieebene, um Produktionskosten zu senken.

Die *Niederlande* haben ihr gesamtes F&E-Programm im Energiebereich neu ausgerichtet, um sich auf die Erreichung der im Klimaabkommen für 2030 und 2050 festgelegten Ziele zu konzentrieren. Im Zuge der „Integral Knowledge and Innovation Agenda“ (IKIA) wurde ein neuer Rahmen für

Forschung und Innovation geschaffen, der 13 „Multiannual Mission-Driven Innovation Programmes“ (MMIP) vorsieht und die Forschung auf die Förderung von Emissionsenkungen in allen Sektoren konzentriert. Der Rahmen passt in erster Linie bestehende F&E-Finanzierungsmechanismen an, um die Emissionsminderungsziele zu verfolgen. Zusätzlich werden neue Mechanismen eingeführt. Die MMIPs sollen die rasche Entwicklung von Technologien unterstützen, die zur Erreichung der Ziele für 2030 erforderlich sind und langfristige Innovationen zum Erreichen der Ziele für 2050 vorantreiben. MMIP 7 („A 100 % carbon-free industrial heating system“) und MMIP 8 („Maximum electrification and radically redesigned processes“) adressieren dabei den Bereich der industriellen Prozesswärme und werden im Folgenden näher erläutert.

MMIP 7 konzentriert sich auf klimaneutrale Energie- und Heizsysteme für Industriecluster und Unternehmen, um das Ziel für 2030 für Power-to-Heat Lösungen und die Nutzung nachhaltiger Wärmequellen zu unterstützen, die CO₂-Emissionen um mindestens 5,3 Mio. Tonnen zu reduzieren und Energieeinsparungen von 93 PJ zu erzielen, sowie das Ziel für 2050 für eine CO₂-freie Wärmeversorgung auf allen Temperaturniveaus. Die Forschung soll die Entwicklung effizienter Verfahren zur drastischen Senkung des Wärmebedarfs und die Nutzung nachhaltiger Quellen (erneuerbarer Strom, Geothermie, Biomasse, nachhaltige Gase und Abwärme) unterstützen. Für Temperaturen bis etwa 300 °C sollen bis 2030 zügig alternative Technologien (z.B. Wärmepumpen) eingesetzt werden, wobei der Schwerpunkt auf der Normung und der Modularisierung sowie der Entwicklung eines projektbezogenen Ansatzes für die Auslegung und den Einsatz liegt. Darüber hinaus soll MMIP 7 auch auf die Entwicklung von Technologien abzielen, die eine Verlagerung der CO₂-Neutralität in das höchste Temperatursegment nach 2030 unterstützen. Die Unterprogramme von MMIP 7 sind: (i) Wiederverwendung, Aufwertung und Speicherung von Wärme, (ii) tiefe und ultratiefe Geothermie, (iii) Einsatz klimaneutraler Brennstoffe, (iv) Systemkonzepte für Heizung und Kühlung und (v) Maximierung der Prozesseffizienz.

MMIP 8 konzentriert sich auf Innovationen, die industrielle Prozesse bis 2050 so weit wie möglich elektrifizieren und so in das Energiesystem einbinden, dass die Flexibilität des Gesamtsystems erhöht wird. Die Zwischenziele von MMIP 8 sind:

- Senkung der Investitionskosten für die großtechnische Elektrolyse auf 350 €/kW, so dass ein Wasserstoffpreis von 2 €/kg bis 2030 und 1 €/kg bis 2050 erreicht wird.
- Entwicklung von kosteneffizienten elektrochemischen Produktionsverfahren für Basischemikalien und Kraftstoffen bis 2030, die dann auf Massenproduktion ausgeweitet werden können.
- Etablierung von energieeffizienten elektrisch betriebenen Prozessen als Standardtechnologie bis 2025.
- Etablierung von digitalisierten Prozessen als Best-Practice und deren Einführung in großen Maßstab bis 2025.
- Demonstration von mindestens drei radikalen Durchbrüchen bei CO₂-intensiven Prozessen im Pilotmaßstab.

Zu den wichtigsten Herausforderungen zählen die Kostensenkung und die Ausweitung der Produktion von grünem Wasserstoff sowie die Entwicklung klimaneutraler Kraftstoffe und Gase. Darüber hinaus zielt MMIP 8 auf die Entwicklung neuer elektrischer Geräte und elektrisch betriebener Prozesse sowie die umfassende Digitalisierung, um die Möglichkeiten der Elektrifizierung zu erweitern. Parallel sollen die sozialen und systemischen Auswirkungen der industriellen Elektrifizierung erforscht werden, wobei der Schwerpunkt ausdrücklich auf radikalen Prozessinnovationen liegen soll, die nach 2030 den Unterschied machen müssen. Die Unterprogramme von MMIP 8 sind: (i) Produktion von Wasserstoff, Molekülen und innovativen erneuerbaren Brennstoffen, (ii) elektrische Geräte und elektrisch betriebene Prozesse, (iii) größere Flexibilität und Digitalisierung,

(iv) radikal neu gestaltete Prozesse und (v) soziale/systemische Auswirkungen der industriellen Elektrifizierung.

Mit ihrem ganzheitlichen und zielorientierten Ansatz adressieren die Niederlande im Bereich Forschung und Entwicklung radikale systemische Veränderungen, die weit über das hinausgehen, was mit ausschließlichem Fokus auf Energieeffizienz erreichbar wäre. Allerdings ist anzumerken, dass die MMIPs den Stand der Planung darstellen und daher eher als „Wunschliste“ verstanden werden müssen, die bei Erfüllung wünschenswerte grundlegende Veränderungen hervorrufen können.

8.8 Freiwillige Abkommen

Das umfangreichste freiwillige Abkommen existiert in *Finnland*, welches sich nicht nur auf die Industrie beschränkt. Es dient als Hauptinstrument zur Erreichung der Effizienzziele mit dem Ziel der kontinuierlichen Verbesserung der Energieeffizienz. An diesem Abkommen sind Ministerien, Industrieverbände, Unternehmen und Gemeinden beteiligt. Die wichtigsten Bestandteile sind die Durchführung von Energieaudits und die Aufstellung eines Energieeffizienzplans mit quantitativen Zielen. Anschließend ist eine Implementierung von kosteneffizienten Maßnahmen und dazugehöriger jährlicher Berichterstattung vorgesehen. Je nach Fall können Subventionen für Investitionen in konventionelle Effizienzmaßnahmen für Kommunen und kleine Unternehmen gewährt werden, wobei vor allem neue Technologien gefördert werden sollen. In der Prozessindustrie und der Energieerzeugung (insbesondere KWK) sollen als Folgemaßnahme zu den Energieaudits unter Einsatz neuester Messtechnologie Potentiale ermittelt und analysiert werden.

In *Frankreich* gibt es ein freiwilliges Low-Carbon-Label, das eine Zertifizierung von emissionsmindernden Produkten erlaubt. Daneben stellt es den Rahmen zur Überwachung, Meldung und Überprüfung von THG-Emissionen. Zusätzlich dient es zur Förderung der Entstehung zusätzlicher Projekte zur Reduzierung von THG-Emissionen. In dem Label können Negativemissionen der Emissionsminderung zugerechnet werden.

Gemäß dem freiwilligen Abkommen in den *Niederlanden* müssen teilnehmende Unternehmen Energieeffizienzpläne entwickeln und umsetzen. Dies ist verbunden mit einer Pflicht für eine jährliche Berichterstattung und die Umsetzung von definierten kosteneffizienten Maßnahmen. Zusätzlich ist die Einführung eines Energiemanagementsystems (z.B. ISO 50001) verpflichtend. Im Gegenzug gibt es keine zusätzlichen Vorschriften zu Energieeffizienz oder CO₂-Emissionsreduktion.

Wie schon die Energieaudits und Verpflichtungen bzw. der regulatorische Rahmen, dienen die freiwilligen Abkommen der Erhöhung der Energieeffizienz. Da diese Abkommen im hohen Maß auf freiwilligen Selbstverpflichtungen der Unternehmen beruhen, kann eher weniger von einer ambitionierten Transformation der energetischen Situation in der Industrie der analysierten Länder ausgegangen werden. Die freiwilligen Maßnahmen können der Gesetzgebung vorgreifen und sich positiv auf die Transformation auswirken, wobei diese nicht mit dem Transformationsdruck und den Auswirkungen und Verpflichtungen eines Gesetzes verglichen werden können. Auch hier existiert kein gesonderter Fokus auf die Prozesswärme.

8.9 Zusammenfassung Instrumente für industrielle Prozesswärme

Zunächst werden die wichtigsten Punkte der einzelnen Instrumente aus Kapitel 8 stichpunktartig zusammengefasst. Im Anschluss wird ein instrumentenübergreifendes Fazit für die industrielle Prozesswärme gezogen.

CO₂-Preis

- Unterschiedlicher Umgang mit der Wechselwirkung mit dem EU-ETS
- Aus Angst vor Carbon Leakage profitiert die Industrie sehr stark von Ausnahmen und Preisereicherungen
- Die Höhe des aktuellen CO₂-Preises sowie der Preisfad bis 2030 liegen noch deutlich unterhalb des Preises, der notwendig wäre, um eine Lenkungswirkung zu entfalten

Energieaudits und Energiemanagementsysteme

- Unternehmen (vor allem KMU), welche freiwillig an einem Energieaudit teilnehmen, können vom Staat unterstützt werden
- Teilweise wird die Umsetzung von kosteneffizienten Maßnahmen im Anschluss an das Audit vorgeschrieben

Subventionsprogramme

- Größtenteils Fokus auf Energieeffizienzmaßnahmen
- SDE+/SDE++ (Niederlande) zeichnet sich durch eine sehr hohe Technologieoffenheit aus, mit der am ehesten eine Transformation erzielt werden kann

Verpflichtungen / Regulatorischer Rahmen

- Teilweise besteht eine Verpflichtung zur Erstellung von Energieeinsparplänen (Schweden und Niederlande)
- Darauf aufbauend ist die Umsetzung von kostengünstigen Energiesparmaßnahmen vorgesehen (Niederlande)

Information und Netzwerke

- Adressieren in erster Linie KMUs, da in großen Unternehmen intern Expertise vorhanden ist
- Nutzung von standardisierten Maßnahmen, die Energieeffizienz im Fokus haben, aber keine Transformation anstoßen
- Frankreich plant die Koordinierung von Abwärme in hochindustriellen Gebieten, bisher allerdings ohne eine Informationspflicht zu erwähnen

Forschung und Entwicklung

- Die Forschungsschwerpunkte über alle betrachteten Länder hinweg liegen im Bereich von erneuerbaren Energien (insbesondere grüner Wasserstoff), CCS/CCU, Speicher/Flexibilität, Energieeffizienz und Elektrifizierung
- Das Konzept in den Niederlanden ist am weitesten ausgereift und in einen langjährigen zielorientierten Strategieplan integriert.

Freiwillige Abkommen

- Durchführung von Energieaudits und Aufstellung von Energieeffizienzplänen
- Möglichkeit von Subventionen oder des Wegfalls von weiteren Anforderungen

Im Bereich der industriellen Prozesswärme liegt der Fokus der Instrumente ganz deutlich auf der Verbesserung der Energieeffizienz, wobei häufig speziell KMUs adressiert werden. Es entsteht der Eindruck, dass man von politischer Seite möglichst wenig in die großen Unternehmen der Industrie eingreifen möchte. Gründe hierfür sind vermutlich in erster Linie wirtschaftliche Interessen sowie die Befürchtung von Carbon Leakage. Es ist fraglich, ob mit dieser vorsichtigen Herangehensweise die Wärmewende im Bereich der industriellen Prozesswärme gelingt. Das Subventionsprogramm "SDE++" der Niederlande sei an dieser Stelle als Ausnahme hervorgehoben. Es ist aufgrund seiner technologieoffenen Gestaltung und der Förderung von groß angelegten Reduktionsmaßnahmen durch Abdeckung der unrentablen Top-Margen am ehesten dazu geeignet, THG-Einsparungen zu fördern, die über einfache Effizienzverbesserungen hinausgehen.

Das wichtigste Handlungsfeld der Politik ist es, Investitionen so früh wie möglich in Richtung Klimaneutralität zu lenken. Eine industrielle Großanlage, deren Planung und Bau heute angestoßen wird, kann noch bis in die 2070er Jahre laufen. Damit erschwert jede Investition in den Status Quo, die heute getätigt wird, die Erreichung der Klimaziele. Darüber hinaus birgt jede dieser Investitionen das Risiko von Verlusten, wenn die Anlage durch später notwendige Einschnitte ihren Wert ganz oder teilweise verliert (Stranded Assets). Auch wenn Investitionen sich langfristig rechnen, ist die Anfangsinvestition in klimaneutrale Lösungen im Vergleich zu deutlich niedrigeren Investitionen für fossile Anlagen eine Herausforderung für die Industrie. Dem sollte die Politik durch Investitionsförderungen Rechnung tragen.

Privilegien, die industrielle Unternehmen im Bereich CO₂-Preis, Energiesteuer und EEG-Umlage genießen, können an eine verpflichtende Nutzung von unvermeidbarer Abwärme gekoppelt werden.

Darüber hinaus muss die Politik Planungssicherheit und faire Bedingungen schaffen, damit sich Unternehmen auf Änderungen einstellen und die damit verbundenen Chancen nutzen können. Dazu sind stabile politische Rahmenbedingungen mit frühzeitig angekündigten ordnungsrechtlichen Obergrenzen (z.B. CO₂-Grenzwerte) essenziell. Ein wirksamer Schutz vor Carbon Leakage, zum Beispiel ein Grenzausgleichsregime auf europäischer Ebene, muss für faire Bedingungen für den Wettbewerb mit im Ausland klimaschädlich hergestellten Produkten sorgen.

Damit ein Energieträgerwechsel in der Prozesswärme gelingen kann, müssen klimaneutrale Optionen in verlässlicher Menge verfügbar sein und nachweisbar Qualitätsanforderungen erfüllen. Da die elektrische Erzeugung von Prozesswärme und die Herstellung strombasierter PtG- und PtL-Brennstoffe große Mengen an Strom benötigen, wird Strom zukünftig zum wichtigsten Energieträger der industriellen Prozesswärme. Die politischen Rahmenbedingungen des Strombereichs müssen diesen Ausbaubedarf reflektieren und den zügigen Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung fokussieren. Auch die notwendige Infrastruktur muss zügig aufgebaut werden, damit ein Brennstoffwechsel auf emissionsarme Energieträger gelingen kann. Es sollte ein Nachweissystem aufgebaut werden, das emissionsarme Produktionen vor Konkurrenz durch emissionsbehaftete Produkte schützt. Branchendialoge können hilfreich sein, um zu klären welche Produktionsprozesse vorrangig die limitierten biogenen Brennstoffe einsetzen dürfen und wo synthetische Brennstoffe aus erneuerbarem Strom oder Strom direkt eingesetzt werden sollen. Für eine direkte Elektrifizierung werden teilweise große Anschlussleistungen und eine Backup-Stromversorgung benötigt, um einen Produktionsausfall und Schäden an Produktionsanlagen abzuwenden. Hierfür

müssen Industrie, Stromnetzbetreiber und Politik gemeinsam Lösungen suchen. Für eine Umstellung der Prozesse auf biogene oder synthetische Kraftstoffe muss gewährleistet sein, dass diese Energieträger für die Unternehmen langfristig zur Verfügung stehen.

9 Schlussfolgerungen

Der Vergleich der hier untersuchten Länder zeigt, dass der Umsetzungsstand der Wärmewende im Gebäudesektor innerhalb Europas sehr unterschiedlich ausfällt. Während die Dekarbonisierung in den nordischen Ländern schon weit vorangekommen ist, stehen andere Länder – wie auch Deutschland – noch am Anfang des Weges.

Auch wenn einige Rahmenbedingungen von den deutschen Gegebenheiten abweichen, lassen sich aus den Erfahrungen der bereits erfolgreichen untersuchten Länder Schweden, Finnland und Dänemark gute Lehren für die deutsche Politik ziehen. Gleichzeitig können die Ansätze und Pläne in den deutschen Nachbarländern mit ebenfalls noch großen Herausforderungen in der Wärmewende – Niederlande und Frankreich – als Beispiel für mögliche weitere Maßnahmen zur Beschleunigung dienen.

Welche Erkenntnisse lassen sich aus den Erfahrungen anderer Länder zur Wärmewende ziehen?

Steuern und Abgaben auf fossile Brennstoffe sind ein erfolgreiches Instrument für die Dekarbonisierung der Gebäudewärme: In Schweden und Finnland hat die steuerliche Belastung von Heizöl in Kombination mit relativ günstigen Strompreisen ausgereicht, um Wärmepumpen und Biomasse wirtschaftlich konkurrenzfähig zu machen. Aufgrund der mittels Abgabepolitik hergestellten Wirtschaftlichkeit spielte eine direkte finanzielle Förderung für die Heizungsumstellung vor allem in der Anfangszeit eine Rolle. Aufgrund des in Schweden üblichen Warmmietenmodells existiert dort kein Mieter:innen-Vermieter:innen-Dilemma wie in Deutschland.

Eine strategische Unterstützung präferierter erneuerbarer Technologien kann die Wärmewende entscheidend voranbringen. In Schweden sorgte eine frühe und strategische Technologieunterstützung für Wärmepumpen und Biomasse bezüglich Forschung, Entwicklung, Ausbildung und anfänglichen Subventionen dafür, dass gut funktionierende Produkte entstanden und sich mit sinkenden Preisen am Markt etablierten.

Wo Gasnetze vorhanden sind, wird der Ausstieg aus Gasheizungen ordnungsrechtlich angestoßen. In Schweden und Finnland gab es kaum ausgebaute Erdgasnetze: dass Erdgas dort nicht als (bisher günstige) Konkurrenztechnologie in Frage kam, hat wesentlich zum Übergang von fossiler zu erneuerbarer Wärme beigetragen. In Dänemark dürfen sowohl im Neubau als auch beim Heizungstausch im Bestand nur erneuerbare Energien zum Einsatz kommen – ein faktisches Gaskesselverbot. In den Niederlanden dürfen Neubauten nicht mehr an das Gasnetz angeschlossen werden, und auch Frankreich hat einen weitgehenden Phase-Out von Öl- und Gaskesseln im Neubau eingeleitet.

Gut ausgebaute Wärmenetze erleichtern die Wärmewende. Besonders wichtig sind Wärmenetze für dichter bebaute Quartiere. In Dänemark, Schweden und Finnland ist die überwiegende Mehrheit der Mehrfamilienhäuser an ein Wärmenetz angeschlossen; hier profitieren diese Länder von früheren strategischen Entscheidungen. Dort, wo Wärmenetze bisher noch nicht verbreitet sind – wie in den Niederlanden und Frankreich – ist ihr Ausbau geplant.

In Wärmenetzen bringt eine Mischung aus gezielten Steuern- und Abgaben und klaren Planungshorizonten für den Ausstieg aus fossilen Energieträgern die Dekarbonisierung voran. Der Aufstieg

der erneuerbaren Energie, vor allem der Biomasse, in der Fernwärmeerzeugung in Schweden und Finnland beruht hauptsächlich auf Steuern und Abgaben, die die fossile Wärmeerzeugung im Vergleich teurer machten. In Finnland und Dänemark wird der weitere Umstieg durch einen gesetzlichen Ausstieg aus der Kohle bzw. fossilen Brennstoffen bis 2029/2030 geleitet, der einen verlässlichen Rahmen für große Investitionsentscheidungen schafft.

Eine vorausschauende kommunale Wärmeplanung und eine gute lokale Koordination können die Transformation der Wärmeversorgung wesentlich unterstützen. In Dänemark ist ein rollierender Prozess der kommunalen Wärmeplanung seit vielen Jahren etabliert. Die Niederlande setzen für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung auf durch die Kommunen zu erstellende und umzusetzende Zeitpläne für die Transformation einzelner Quartiere. Dabei werden die Kommunen mit entsprechenden Beratungs-, Vernetzungs- und Fortbildungsangeboten unterstützt. In Finnland zeigt sich das Potenzial einer guten Abstimmung vor Ort in den schnellen Zuwächsen von Umwelt- und Abwärmenutzung in der Fernwärmeerzeugung.

Mindeststandards für Bestandsgebäude sind ein effektiver Hebel für Sanierungen. Es schafft Planungssicherheit, wenn Standards frühzeitig festgelegt und angekündigt werden. In den Niederlanden entfalten ab 2023 geltende Mindeststandards für Bürogebäude bereits seit ihrer Ankündigung starke Wirkung. In Frankreich treten ab 2025 gestufte Mindesteffizienzanforderungen in Kraft, die Voraussetzung für die Vermietung von Wohnungen sind.

Politische Instrumente zur industriellen Prozesswärme sind in den betrachteten Ländern noch nicht auf eine vollständige Dekarbonisierung ausgerichtet. Auf nationaler Ebene verhindern Befürchtungen vor Wettbewerbsnachteilen durch Carbon Leakage offenbar meist, dass wirkungsvolle CO₂-Steuern für Prozesswärme implementiert werden: hier braucht es dringend eine effektive europäische Lösung. Andere Instrumente zielen bislang vor allem auf Effizienzverbesserungen – mit Ausnahme des Subventionsprogramms SDE+/SDE++ der Niederlande. Erfahrungen mit Instrumenten, die eine Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung in großem Stil unterstützen, fehlen daher noch weitgehend. Dabei ist gerade Planungssicherheit für die Industrie zentral, um in klimaneutrale Produktionskapazitäten investieren zu können; die Schaffung von Planungs- und Investitionssicherheit sollte daher ein Maßstab der politischen Instrumentierung sein.

Was bedeutet das für eine Übertragung auf Deutschland?

Einen klaren förderlichen Rahmen für präferierte Versorgungsoptionen schaffen: Vor allem in den in der Wärmewende erfolgreichen nordischen Ländern wurden die besten realistisch verfügbaren Technologien identifiziert und ein entsprechender förderlicher Rahmen für diese Technologien gestaltet. Dies betrifft insbesondere die Wärmepumpe als Schlüsseltechnologie, die auch im niederländischen Zielbild eine zentrale Rolle spielt. Ebenso wurden förderliche Rahmenbedingungen für den Ausbau von Wärmenetzen geschaffen und deren Dekarbonisierung gezielt eingeleitet. Eine Konkurrenz der Versorgungsoptionen Fernwärme und Gas besteht nicht in vergleichbarem Maße wie in Deutschland: in Schweden und Finnland mangels ausgebauter Gasnetze, in Dänemark werden seit rund zehn Jahren schrittweise gasversorgte Gebiete auf Fernwärme umgestellt. In Dänemark und den Niederlanden spiegeln die Instrumente auch den Umgang mit den knappen Energieträgern Biomasse bzw. erneuerbarem Wasserstoff wider. Insofern geben die erfolgreichen Länder in weiten Teilen einem effektiven Mitteleinsatz den Vorzug gegenüber umfassender Technologieoffenheit. Für Deutschland bedeutet das in der Übertragung, dass auch hier klare politische Entscheidungen und Wegweisungen zum Technologieeinsatz äußerst hilfreich, wenn nicht gar notwendig sind, um die Wärmewende zum Erfolg zu bringen.

Preisvorteil für elektrisch erzeugte Wärme sicherstellen: Die Wärme aus erneuerbarem Strom mittels elektrischer Wärmepumpen ist der effizienteste Weg, um erneuerbare Wärme jenseits von knappen Ressourcen zu erzeugen. Damit eine weitgehende Elektrifizierung der Wärmeerzeugung in Gebäuden, Wärmenetzen und (wo möglich) in der Industrie konfliktarm gelingt, muss es wirtschaftlich vorteilhaft sein, Strom anstelle anderer Energieträger zu nutzen. Daher sollte einerseits eine zügige Reform der Abgaben und Umlagen auf den deutschen Strompreis umgesetzt werden, die gezielt Betreiber:innen von Wärmepumpen sowohl in privaten Haushalten als auch in Wärmenetzen und der Industrie entlastet. Andererseits müssen fossile Brennstoffe durch (CO₂-)Steuern und Abgaben erheblich stärker belastet werden: auf dauerhaft hohe und steigende Preise für fossile Energieträger muss Verlass sein, auch über kurz- und mittelfristige Schwankungen der Marktpreise hinaus. Nur so können Investitionsentscheidungen angemessen getroffen und soziale Schieflagen durch plötzliche Preissteigerungen auf den Energiemärkten vermieden werden.

Finanzielle Förderung beibehalten: Bis Wärmepumpen wirtschaftlich konkurrenzfähig sind, werden finanzielle Förderungen weiterhin benötigt. Eine strategische Entscheidung der Bundesregierung für den Ausbau einzelner Technologien – wie der Wärmepumpe –, könnte ähnlich wie in Schweden mit einer Forschungs-, Entwicklungs- und Ausbildungsinitiative die richtigen Rahmenbedingungen für ein Gelingen der Wärmewende setzen.

Fossile Alternativen schrittweise vom Markt nehmen: Die dargestellten Erfahrungen zeigen, dass es für eine erfolgreiche Wärmewende gezielte politische Maßnahmen braucht, um erneuerbare Energien in der Gebäudewärme zu verankern – dazu zählen auch ordnungspolitische Instrumente, die „zu günstige“ fossile Alternativen vom Markt nehmen. Ein ordnungsrechtlicher Ausstieg aus fossil befeuerten Kesseln wie in Dänemark könnte auch in Deutschland helfen, den Anteil erneuerbarer Energien schneller zu steigern: aufgrund der weiten Verbreitung von Erdgas werden sich erneuerbare Energien in Gebäuden hier nicht rechtzeitig allein aufgrund von steigenden Abgaben auf fossile Brennstoffe durchsetzen können.

Wärmebedarf senken, Energieeffizienz steigern: Zur Senkung des Wärmebedarfs sollten ähnlich wie in Frankreich und den Niederlanden auch in Deutschland Mindeststandards für den Bestand eingeführt werden. Um eine hohe Wirkung bei möglichst geringen Lock-In-Effekten zu erzielen, müssten hierfür ambitionierte Anforderungen gewählt und eine Datengrundlage für den Vollzug – etwa durch ein nationales Gebäuderegister – geschaffen werden.

Wärmenetze ausbauen und dekarbonisieren: Ein massenhafter Anschluss von Gebäuden an entsprechend ausgebaute Wärmenetze könnte auch in Deutschland helfen, die Wärmewende durch zentrale Umstellungen in der Fernwärmeerzeugung schneller voranzubringen. Bei der Dekarbonisierung der Wärmenetze kann Deutschland wegen mangelnder Verfügbarkeit nicht so stark auf Biomasse setzen wie die nordischen Länder. Für alternative Technologien wie Großwärmepumpen, Geo- und Solarthermie muss einerseits durch höhere Abgaben auf fossile Brennstoffe und geringere Strompreise ein wirtschaftlich besseres Umfeld geschaffen werden. Andererseits sind Strukturen für die optimale Nutzung lokaler (Ab-)Wärmequellen notwendig. Außerdem würde ein gesetzlicher Ausstiegszeitpunkt aus fossiler Wärmeerzeugung auch in Wärmenetzen Investitionssicherheit schaffen.

Verbindliche Wärmeplanung etablieren: Eine verpflichtende lokale bzw. regionale Wärmeplanung ist notwendig für einen effektiven Einsatz der Ressourcen und klare Planungshorizonte für Kommunen, Gebäudebesitzer:innen, Wärmenetzbetreiber und Industrie. Aufgrund der föderalen Strukturen in Deutschland wird hier weniger zentrale Steuerung als etwa in den Niederlanden möglich und sinnvoll sein. Dennoch braucht es einheitliche Regelungen, etwa gemeinsame Preispfade für Energieträger und CO₂ sowie Vorschriften zum Einsatz knapper Energieträger wie

Biomasse und Wasserstoff. Neben rechtlichen Umsetzungsfragen ist dabei zu klären, wie die mit der Wärmeplanung betrauten Verwaltungseinheiten einen ausreichenden Einfluss auf die Wärmenetztransformation vor Ort erhalten können, auch wenn sie nicht – wie oft in den nordischen Ländern – Mehrheitseigentümerinnen der Wärmenetzbetreiber sind.

Dekarbonisierungsschub für die Prozesswärme erzeugen: Für die Dekarbonisierung der industriellen Prozesswärme sollten umgehend klare Planungshorizonte geschaffen werden. Eine neue Instrumentierung muss entwickelt werden, um den notwendigen „Transformationsturbo“ der Industrie zu ermöglichen. Für einen ausreichenden Carbon-Leakage-Schutz ist eine europäische Lösung erforderlich. In Deutschland sind neue Instrumente geplant, unter anderem Klimaschutzdifferenzverträge (Carbon Contracts for Difference). Auch die niederländische Förderung (SDE+/SDE++) könnte hier möglicherweise Inspiration bieten. Darüber hinaus braucht es frühzeitig angekündigte ordnungsrechtliche Regelungen, sodass Unternehmen sich auf den Pfad zur Klimaneutralität einstellen und die damit verbundenen Chancen nutzen können. Außerdem muss sichergestellt werden, dass die erneuerbaren Energieträger Strom und synthetische Brennstoffe in ausreichendem Maße verfügbar sein; dafür braucht es erhebliche Anstrengungen beim Ausbau der Erzeugungskapazitäten.

Und zuletzt: Erfahrungen anderer Länder nutzen. Nachdem der Fokus der deutschen Politik bislang deutlich stärker auf dem Strombereich als der Wärme lag, muss die Transformation der Wärmeversorgung nun rasant erfolgen, um die Klimaziele zu erreichen. Dabei sind die Erfahrungen anderer Länder hilfreich: nicht alles muss von Grund auf neu entwickelt werden und es gilt, kraftvolle, gut funktionierende Elemente erfolgreicher Politiken zu identifizieren und kleinteilige, wirkungsschwache Politiken zu meiden.

10 Literatur

10.1 Schweden

Andersson (2021): Carbon Tax Regressivity and Income Inequality. Abrufbar unter: <https://freepolicybriefs.org/wp-content/uploads/2021/05/freepolicybriefs20210517.pdf>

Agora Energiewende (2020): Vereinbarkeit des "Referenztemperatur-Modells" mit den Vorgaben der Energieeffizienzrichtlinie (EED). Abrufbar unter: <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/vereinbarkeit-des-referenztemperatur-modells-mit-den-vorgaben-der-energieeffizienzrichtlinie-eed/>

Agora Energiewende and Universität Kassel (2021): CO₂ Emissions Trading in Buildings and the Landlord-Tenant Dilemma: How to solve it. A proposal to adjust the EU Energy Efficiency Directive. Abrufbar unter: <https://www.agora-energiewende.de/en/publications/co2-emissions-trading-in-buildings-and-the-landlord-tenant-dilemma-how-to-solve-it/>

BFS (2016): Boverket, Boverkets författningssamling: Boverkets föreskrifter och allmänna råd om fastställande av byggnadens energieanvändning vid normalt brukande och ett normalår. Abrufbar unter: <https://rinfo.boverket.se/BEN/PDF/BFS2016-12-BEN-1-r%C3%A4ttelseblad.pdf>

BFS (2018): Boverket, Boverket's mandatory provisions and general recommendations, BBR. BFS 2011:6 with amendments up to BFS 2018:4. Abrufbar unter: <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2019/bbr-2011-6-tom-2018-4-english-2.pdf>

BFS (2020): Boverket, Boverkets byggregler (2011:6) - föreskrifter och allmänna råd, BBR. BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2020:4. Abrufbar unter: https://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad_bbr_2011-6.pdf

BMWi (2020): Bundesministerium für Wirtschaft, Langfristige Renovierungsstrategie der Bundesregierung. Abrufbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/langfristige-renovierungsstrategie-der-bundesregierung.pdf?__blob=publicationFile&v=6

Boverket (2015): Individual metering and charging in existing buildings. Abrufbar unter: <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2015/individual-metering-and-charging-in-existing-buildings.pdf>

Boverket (2021): Energy performance certificate. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: <https://www.boverket.se/en/start/building-in-sweden/contractor/inspection-delivery/energy-performance-certificate/>

Boverket (2021b): OVK. Zuletzt abgerufen am 07.10.2021 unter: <https://www.boverket.se/en/start/building-in-sweden/contractor/inspection-delivery/ovk/>

BPIE (2021): Buildings Performance Institute Europe, Nearly Zero: A review of EU Member State implementation of new build requirements. Zuletzt abgerufen am 07.10.2021 unter:

https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2021/06/Nearly-zero_EU-Member-State-Review-062021_Final.pdf.pdf

Bundesnetzagentur und Bundeskartellamt (2021): Monitoringbericht 2020. Abrufbar unter: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Berichte/2020/Monitoringbericht_Energie2020.pdf?__blob=publicationFile&v=8

CA EPBD (2016): Concerted Action Energy Performance Of Buildings. EPBD implementation in Sweden. Zuletzt abgerufen am 07.10.2021 unter: <https://epbd-ca.eu/wp-content/uploads/2018/08/CA-EPBD-IV-Sweden-2018.pdf>

Copenhageneconomics (2018): LOW-ENERGY BUILDINGS IN SWEDEN What are the socio economic costs and benefits? Zuletzt abgerufen am 07.10.2021 unter: <https://www.copenhageneconomics.com/dyn/resources/Publication/publicationPDF/5/455/1533135332/copenhagen-economics-2018-assessment-of-low-energy-buildings-in-sweden.pdf>

EBeV (2022): Verordnung über die Emissionsberichterstattung nach dem Brennstoffemissionshandelsgesetz für die Jahre 2021 und 2022 (Emissionsberichterstattungsverordnung 2022 – E-BeV 2022). Abrufbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/ebev_2022/EBeV_2022.pdf

EEA (2021): European Environment Agency, Greenhouse gas emission intensity of electricity generation. Zuletzt abgerufen am 07.10.2021 unter: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/overview-of-the-electricity-production-3/assessment-1>

Ekström und Blomsterberg (2016): Renovation of Swedish Single-family houses to Passive House Standard- Analyses of Energy Savings Potential. Zuletzt abgerufen am 07.10.2021 unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610216307548?via%3Dihub>

Ericsson und Werner (2016): The introduction and expansion of biomass use in Swedish district heating systems, Biomass and Bioenergy, 94, 57-65, (2016). Abrufbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953416302793>

Government of Sweden (2020): Vägen Till En Klimatpositiv Framtid: Strategi Och Handlingsplan för Att NÅ Negativa Utsläpp Av VäXthusgaser Efter 2045, Sou 2020:4 [The Pathway to a Climate-Positive Future: Strategy and Action Plan for Achieving Negative Greenhouse Gas Emissions After 2045, Sou 2020:4]. Stockholm (2020). Zuletzt abgerufen am 07.10.2021 unter: <https://www.regeringen.se/4a9e84/contentassets/1c43bca1d0e74d44af84a0e2387bfbcc/vagen-till-en-klimatpositiv-framtid-sou-20204>

IEA (2019): International Energy Agency, Electricity generation by source, Sweden 1990-2019. Zuletzt abgerufen am 07.10.2021 unter: <https://www.iea.org/regions/europe#data-browser>

Infrastrukturdepartementet (2020): Sweden`s Third National Strategy for Energy Efficiency Renovation, 2020. Zuletzt abgerufen am 07.10.2021 unter: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/se_2020_ltrs_official_translation.pdf

IRENA (2019): International Renewable Energy Agency, Bioenergy From Boreal Forests. Swedish approach to sustainable wood use. Zuletzt abgerufen am 07.10.2021 unter: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Mar/IRENA_Swedish_for_est_bioenergy_2019.pdf

IRENA (2021): International Renewable Energy Agency, Renewable Capacity Statistics 2021. Zuletzt abgerufen am 07.10.2021 unter: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Apr/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2021.pdf

Jonsson et al. (2020): Looking Back on 30 Years of Carbon Taxes in Sweden. Fiscal Fact No 727, Sept. 2020. Abrufbar unter: <https://files.taxfoundation.org/20200929121706/Looking-Back-on-30-Years-of-Carbon-Taxes-in-Sweden-re.pdf>

KfW (2020): Kreditanstalt für Wiederaufbau, Anlage zum Merkblatt Energieeffizient Bauen. Technische Mindestanforderungen. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: [https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000003465_M_153_EEB_TMA_2018_04.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000003465_M_153_EEB_TMA_2018_04.pdf)

Kiss et al. (2012): Heat Pumps: A Comparative Assessment Of Innovation And Diffusion Policies In Sweden And Switzerland., Historical Case Studies of Energy Technology Innovation in: Chapter 24, The Global Energy Assessment. Grubler A., Aguayo, F., Gallagher, K.S., Hekkert, M., Jiang, K., Mytelka, L., Neij, L., Nemet, G. & C. Wilson. Cambridge University Press: Cambridge, UK. Zuletzt abgerufen am 08.10.21 unter: https://iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/TransitionToNewTechnologies/04_Kiss_Heat_Pumps_WEB.pdf

Lind et al. (2014): Sustainable renovation strategy in the Swedish Million Homes Programme: A case study. School of Architecture and the Built Environment KTH, Royal Institute of Technology Stockholm. Zuletzt abgerufen am 08.10.21 unter: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:706127/FULLTEXT01.pdf>

Lopes et al. (2019): Factors for enhancing the market development of energy efficient heat pumps - scaling up through European policy instruments. ECEE Summer Study Proceedings 2019, 1677, (2019).

Lund (2014): Energy Plan For The Municipality Of Lund 2014-2017. Zuletzt abgerufen am 08.10.21 unter: https://carbonn.org/uploads/tx_carbonn-data/Energy%20Plan%20for%20the%20municipality%20of%20Lund%20ok.pdf

Lundqvist und Kasa (2017): Between national soft regulations and strong economic incentives: local climate and energy strategies in Sweden. Journal of Environmental Planning and Management 60, 1092-1111, (2017). Abrufbar unter: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09640568.2016.1197827>

Ministry of Finance (2021): Carbon Taxation in Sweden. January 2021. Zuletzt abgerufen am 08.10.21 unter: <https://www.government.se/48e407/contentassets/419eb2cafa93423c891c09cb9914801b/210111-carbon-tax-sweden--general-info.pdf>

Ministry of Infrastructure (2020): Sweden`s Integrated National Energy and Climate Plan. 16.01.2020. Abrufbar unter: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/se_final_necp_main_en.pdf

Riksdagen (1977): Sveriges Riksdag, Lag (1977:439) om kommunal energiplanering. Zuletzt abgerufen am 08.10.21 unter: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-1977439-om-kommunal-energiplanering_sfs-1977-439

Riksdagen (2021): Sveriges Riksdag, Ny modell för koldioxidskatt. Zulezt abgerufen am 08.10.21 unter: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/motion/_H802827

Savidou und Nykvist (2020): Heat demand in the Swedish residential building stock – pathways on demand reduction potential based on socio-technical analysis, Energy Policy 144, 111679 (2020). Abrufbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421520304080>

SCB (2020): Statistics Sweden, Total emissions and removals of greenhouse gases by greenhouse gas and sector. Year 1990-2019. Zulezt abgerufen am 08.10.21 unter: https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/en/ssd/START__MI__MI0107/TotaltUtslappN/table/tableViewLayout1/

SCB (2021): Statistics Sweden, Dwelling Stock. Zulezt abgerufen am 08.10.21 unter: <https://www.scb.se/en/finding-statistics/statistics-by-subject-area/housing-construction-and-building/housing-construction-and-conversion/dwelling-stock/>

SEI (2017): Stockholm Environment Institute, Swedish heat energy system – new tensions and lock-ins after a successful transition. Stockholm 2017. Zulezt abgerufen am 08.10.21 unter: <https://mediamanager.sei.org/documents/Publications/SEI-2017-PB-Dzebo-Nykvist-SweHeatEnergySystem-eng.pdf>

SHC (2021): Solar Heating and Cooling Programme, International Energy Agency, Sweden Country Report. Status of Solar Heating/Cooling and Solar Buildings – 2021. Zulezt abgerufen am 08.10.21 unter: <https://www.iea-shc.org/countries/sweden/report>

SIR (2016): Schweizerisches Institut für Rechtsvergleich, Gutachten zum Recht der energetischen Sanierung und zu wertvermehrenden Verbesserungen im Mietrecht in Deutschland, Frankreich, Italien, Österreich. Schweden, Spanien und im vereinigten Königreich (England). Zulezt abgerufen am 08.10.21 unter: https://www.bwo.admin.ch/dam/bwo/de/dokumente/04_Mietrecht/46_Studien_und_Publikationen/rechtsvergleiche/SIR-Energetische_Sanierung.pdf.download.pdf/SIR-Energetische_Sanierung.pdf

Skatteverket (2021): Schwedische Steuerbehörde (Skatteverket), Företag. Skatter och avdrag. Rot och rut. Zulezt abgerufen am 08.10.2021 unter: <https://www.skatteverket.se/foretag/skatterochavdrag/rotochrut/gerarbetetrattillrotavdrag.4.5c1163881590be297b5173bf.html>

Statista (2021): Households in Sweden in 2020, by type of housing. Zulezt abgerufen am 08.10.21 unter: <https://www.statista.com/statistics/539993/sweden-households-by-type-of-housing/>

Stats ehpa (2021): European heat pump association, Heat pump sales overview. Zulezt abgerufen am 08.10.21 unter: http://www.stats.ehpa.org/hp_sales/story_sales/

Stockholm Exergi (2019): Bio-CCS. Zulezt abgerufen am 08.10.21 unter: <https://www.stockholmexergi.se/minusutslapp/beccs/>

Swedish Energy Agency (2021): Energy in Sweden 2021 [energiläget i siffror 2021]. Zulezt abgerufen am 08.10.21 unter: <http://www.energimyndigheten.se/statistik/energilagget/?current-Tab=1#mainheading>

Werner(2017): District heating and cooling in Sweden. Energy 126 (2017) 419-429. Abrufbar unter:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544217304140>

Westinund Lagergren(2002): Re-regulating district heating in Sweden, Energy Policy 30, 583-596.

Wretling et al. (2018): Strategic municipal energy planning in Sweden – Examining current energy planning practice and its influence on comprehensive planning, Energy Policy 113, 688-700. Abrufbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421517307449>

World Bank (2021): Carbon Pricing Dashboard. Zuletzt abgerufen am 08.10.21 unter: https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data

10.2 Finnland

BPIE (2021): Buildings Performance Institute Europe, Nearly Zero: A Review of EU Member State Implementation of ne Build Requirements. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2021/06/Nearly-zero_EU-Member-State-Review-062021_Final.pdf.pdf

CA (2018): Concerted Action Energy Performance of Buildings, Implementation of the EPBD in Finland. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: <https://epbd-ca.eu/ca-outcomes/outcomes-2015-2018/book-2018/countries/finland>

Carl und Fedor (2016): Tracking global carbon revenues: A survey of carbon taxes vs. cap-and-trade in the real world, Energy Policy 96, 50-77 (2016). Abrufbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421516302531>

City of Helsinki (2020a): Helsinki Energy Challenge. The district heating system in Helsinki: Key facts and figures. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: <https://www.hel.fi/static/kanslia/energy-challenge/key-facts-and-figures-district-heating-system-in-helsinki.pdf>

City of Helsinki (2020b): Helsinki Energy Challenge. Background material – Heating system in Helsinki. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: <https://www.hel.fi/static/kanslia/energy-challenge/heating-system-in-helsinki.pdf>

City of Helsinki (2020c): Helsinki Energy Challenge. The competition program. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: <https://www.hel.fi/static/kanslia/energy-challenge/helsinki-energy-challenge-competition-program-updated-31032020.pdf>

City of Helsinki (2020d): Results of the Helsinki Energy Challenge. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: <https://energychallenge.hel.fi/results-helsinki-energy-challenge>

Energy Efficiency Agreements (2016): Property and Building Sector Energy Efficiency Agreement. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: <https://energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/wp-content/uploads/2020/02/Property-and-Building-Sector-Energy-Efficiency-Agreement-2017-2025.pdf>

ESTIF (2016): European Solar Thermal Industry Federation, Solar Thermal Markets in Europe – Trends and Market Statistics 2015. (2016). Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: http://www.estif.org/fileadmin/estif/content/publications/downloads/Online_version_-_Solar_Thermal_Markets_in_Europe_-_Summary_-_Final_version.pdf

Eurostat (2021): Heizgradtage und Kühlgradtage nach Land - jährliche Daten. Abrufbar unter: <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>

Finlex (2017): 1048/2017 LASKENNALLISEN ENERGIATEHOKKUUDEN VERTAILULUVUN (E-LUVUN) MÄÄRITTÄMINEN ENERGIATODISTUKSESSA. Zuletzt abgerufen am 06.10.21 unter: <https://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/6822.pdf>

Finlex (2019): 416/2019 Recht über das Verbot der Verwendung von Kohle für energetische Zwecke - Laki hiilen energiakäytön kieltämisestä. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190416>

Finnish Energy (2018): District heating in Finland 2018: Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: https://energia.fi/files/4092/District_heating_in_Finland_2018.pdf

Finnish Energy (2019): District heating in Finland 2019. Zuletzt abgerufen am 06.10.21 unter: https://energia.fi/files/5405/District_heating_2019.pptx

Finnish Energy (2020): Energy Year 2020 District Heating. Zuletzt abgerufen am 06.10.21 unter: https://energia.fi/files/5695/Energy_Year_2020_DistrictHeating_dc_updated_20210318.pdf

Finnish Energy (2021): Informationen aus Experteninterview mit Mirja Tiitinen, Senior Advisor bei Finnish Energy.

Finnish Energy (2021b): Opportunities and challenges of opening the district heating networks – How to heat the future home? Abrufbar unter: https://energia.fi/files/2983/Opportunities_and_challenges_of_opening_DH_networks_-_How_to_heat_the_future_home.pdf

Gasgrid (2021): Gas transmission network. Zuletzt abgerufen am 7.10.21 unter: <https://gas-grid.fi/en/gas-network/gas-transmission-network/>

GEG (2020): Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG). Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/BJNR172810020.html>

Hannon (2015): Raising the temperature of the UK heat pump market: Learning lessons from Finland, Energy Policy 85, 369-375, (2015). Abrufbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421515002347>

Helen (2021a): Construction of geothermal heating plant under way in Ruskeasu, Helsinki, drilling of heat well to begin in September. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: <https://www.helen.fi/en/news/2021/geol%C3%A4mp%C3%B6laitoksen-rakentaminen-helsingin-ruskeasuolle-k%C3%A4ynnistynyt-l%C3%A4mp%C3%B6kaivon-poraaminen-alkaa-syyskuussa>

Helen (2021b): Helen, Gigantic heat caverns in Mustikkamaa have now been filled with water. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: <https://www.helen.fi/en/news/2021/gigantic-heat-caverns-in-mustikkamaa-filled>

IEA (2018): International Energy Agency, Finland. Key energy statistics, 2018. Zuletzt abgerufen am 06.10.21 unter: <https://www.iea.org/countries/finland>

IRENA (2018): International Renewable Energy Agency, Bioenergy from Finnish forests. Sustainable, efficient, modern use of wood. (2018). Abrufbar unter: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Mar/IRENA_Bioenergy_from_Finnish_forests_2018.pdf

KfW (2020): Kreditanstalt für Wiederaufbau, Anlage zum Merkblatt Energieeffizient Bauen. Technische Mindestanforderungen. Zuletzt abgerufen am 07.10.21: [https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000003465_M_153_EEB_TMA_2018_04.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000003465_M_153_EEB_TMA_2018_04.pdf)

Kuittinen und Häkkinen (2020): Reduced carbon footprints of buildings: New Finnish standards and assessments, Buildings and Cities, 1, 182-197, (2020). Abrufbar unter: <https://journal-buildingscities.org/articles/10.5334/bc.30/>

Lauttamäki und Hyysalo (2019): Empirical application of the multi-level perspective: tracing the history of ground –source heat pumps systems in Finland, Sustainability: Science, Practice and Policy, 15, 82-103, (2019).

LTRS (2020): Long-term renovation strategy 2020-2050. Finland. Zuletzt abgerufen am 06.10.21 unter: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/fi_2020_ltrs_en.pdf

Majuri (2016): Ground source heat pumps and environmental policy – The Finnish practitioner's point of view, Journal of Cleaner Production, 139, 740-749, (2016). Abrufbar unter: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616311428?casa_token=EPPrqM4v5wuIAAAAA:IDqJFFp7XZ1wWLVe5wo0_t-QLxFR2wqjGMfNQxhXC6fH3I5FIJ51gQ6liSjK5D-CmeJHFbdDuQ

Ministry of Finance (2021): Report of the working group on energy taxation reform: A proposal for implementing the intentions and goals of the Government Programme and for further development of energy taxation. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162786/VM_2021_7.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Ministry of Economic Affairs and Employment (2020): Investment incentives to promote rapid phase-out of coal in energy production. Abrufbar unter: https://valtioneuvosto.fi/-/1410877/asetuksella-investointikannuste-hiilen-energiakaytosta-riipeasti-luopuville?languageId=en_US

Ministry of Economic Affairs and Employment (2021): Natural gas market. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: <https://tem.fi/en/natural-gas-market>

Ministry of the Environment (2012): Reform of the Climate Change Act. Zuletzt abgerufen am 06.10.21 unter: <https://ym.fi/en/the-reform-of-the-climate-change-act>

Ministry of the Environment (2013): Ministry of the Environment decree on improving the energy performance of buildings undergoing renovation or alternation. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: <https://www.ym.fi/download/noname/%7BE8FB9952-20CB-43E6-8898-EA9537F2D2D1%7D/124728>

Ministry of the Environment (2017): Decree of the Ministry of the Environment on the Energy Performance of New Buildings. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: <https://www.ym.fi/download/noname/%7BE12CDE2C-9C2B-4B84-8C81-851349E2880B%7D/140297>

Ministry of the Environment (2019): Method for the whole life carbon assessment of buildings. Abrufbar unter: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161796/YM_2019_23_Method_for_the_whole_life_carbon_assessment_of_buildings.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Motiva (2014): Renewable Energy in Finland. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: https://www.motiva.fi/files/8542/Renewable_Energy_in_Finland_2014.pdf

OECD (2013): Organisation for Economic Cooperation and Development, "Finland", in Taxing Energy Use. A Graphical Analysis. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: https://read.oecd-ilibrary.org/taxation/taxing-energy-use/finland_9789264183933-13-en#page5

Paihound Saastamoinen(2018): How to develop district heating in Finland?, Energy Policy 122, 668-676, (2018).

Passivhaus Institut (2021): Anforderungen an Passivhäuser. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: https://passiv.de/de/02_informationen/02_qualitaetsanforderungen/02_qualitaetsanforderungen.htm

StatFin (2020): Statistics Finland, Household-dwelling units by tenure status, type of building, number of persons, 2005-2019. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__asu__asas/statfin_asas_pxt_115y.px/table/tableViewLayout1/

StatFin (2020b): Statistics Finland, Heating of residential buildings by building type 2008-2019. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__ene__asen/statfin_asen_pxt_11zr.px/

StatFin (2021): Statistics Finland, Greenhouse gas emissions in Finland, 1990-2019. Zuletzt abgerufen am 06.10.21 unter: https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__ymp__khki/statfin_khki_pxt_111k.px/table/tableViewLayout1/

StatFin (2021b): Statistics Finland, Price of Electricity by Type of Consumer (incl. electrical energy, transmission fee, and taxes) 1992M01-2021M06. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__ene__ehi/statfin_ehi_pxt_12gx.px/chart/chartViewLine/

SULPU (2020): J. Hirvonen, Today's one million heat pumps are already in essential role in smart energy transition towards carbon neutral Finland, 13th IEA Heat pump conference May 11-14 Jeju Korea, (2020)

SULPU (2021): Informationen aus Experteninterview mit Jussi Hirvonen, Executive Director Finnish Heat Pump Association SULPU

VERO (2021a): Finnish Tax Administration, Tax rates on electricity and certain fuels. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: <https://www.vero.fi/en/businesses-and-corporations/taxes-and-charges/excise-taxation/sahko-ja-eraat-polttoaineet/Tax-rates-on-electricity-and-certain-fuels/>

VERO (2021b): Finnish Tax Administration, Tax rates on liquid fuels. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: <https://www.vero.fi/en/businesses-and-corporations/taxes-and-charges/excise-taxation/excise-duty-on-liquid-fuels/Tax-rates-on-liquid-fuels/>

Vimpari (2021): Should energy efficiency subsidies be tied into housing prices?, Environmental Research Letters 16, 064027, (2021). Abrufbar unter: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abfeee/pdf>

Vuokraturva (2021): Responsibilities and Rights, practical matters. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: <https://www.vuokraturva.fi/infokit/information-package-for-the-landlord/responsibilities-and-rights-practical-matters>

World Bank (2020): State and Trends of Carbon Pricing 2020. Abrufbar unter: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/33809/9781464815867.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

World Bank (2021): Carbon Pricing Dashboard. Finland carbon tax. Abrufbar unter: https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data

10.3 Dänemark

BPIE (2015): Buildings Performance Institute Europe, Hrsg.: Nearly Zero Energy Buildings Definitions Across Europe. Abrufbar unter: https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2015/09/BPIE_factsheet_nZEB_definitions_across_Europe.pdf

Bygningsreglementet (2018): Dänisches Gebäudeenergiegesetz. Abrufbar unter: <https://byggningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/11/Krav>

Danish Council on Climate Change (2021): Status Outlook 2021 – Denmark’s national and global climate efforts – English Summary. Abrufbar unter: https://klimaraadet.dk/en/system/files_force/downloads/status_outlook_2021_english_summary_1.pdf?download=1

Danish Energy Agency (2017): Regulation and planning of district heating in Denmark. Abrufbar unter: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Globalcooperation/regulation_and_planning_of_district_heating_in_denmark.pdf

Danish Energy Agency (2021a): Energy Statistics 2019. Zuletzt abgerufen am 27.09.21 unter: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/tabeller2019_-_tables2019.xlsx

Danish Energy Agency (2021b): How to be climate-friendly – Subscribe to a heat pump and scrap your old boiler. Abrufbar unter: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Varme/04_ens_faktaark.pdf

Danish Ministry of Climate, Energy and Utilities (2018): Energy Agreement of 29 June 2018. Abrufbar unter: <https://en.kefm.dk/Media/C/5/Energy%20Agreement%202018%20a-webtilg%C3%A6ngelig.pdf>

Energistyrelsen (2020): Long-term renovation strategy. Centre for Energy Efficiency. Veröffentlicht 18.09.2020. Abrufbar unter: https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/dk_2020_ltrs_official_en_translation.zip

Jacobsen (2020): Denmark should sharply increase carbon tax to meet emissions target: government adviser; veröffentlicht am 9. März 2020 (Reuters). Abrufbar unter: <https://www.reuters.com/article/us-climatechange-denmark-idUSKBN20W1M6>

OECD (2021): Effective Carbon Rates Denmark. Abrufbar unter: <https://www.oecd.org/tax/tax-policy/effective-carbon-rates-denmark.pdf>

Rubczyński et al. (2018): Good heating practices from Denmark and Germany Conclusions for Poland. Forum energii (Hrsg.). Abrufbar unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Partnerpublikationen/2018/Forum_Energii_Good_heating_practices_from_Denmark_and_Germany/Good_heating_practices_en_final.pdf

Statistics Denmark (2021a): Building stock. Zuletzt abgerufen am 27.09.21 unter: <https://www.dst.dk/en/Statistik/emner/erhvervsliv/byggeri-og-anlaeg/bestanden-af-bygninger>

Statistics Denmark (2021b): Buildings and their heated area by unit, region, time, type of heating and use. Zuletzt abgerufen am 27.09.21 unter: <https://www.statbank.dk/20063>

World Bank (2020): State and Trends of Carbon Pricing 2020. Washington, DC: World Bank. Abrufbar unter: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33809>

10.4 Frankreich

ActuEnvironnement (2021) : Barbara Pompili reporte l'interdiction des chaudières au fioul à juillet 2022. Zuletzt abgerufen am 09.10.21 unter: <https://www.actu-environnement.com/ae/news/barbara-pompili-report-interdiction-chaudieres-fioul-juillet-2022-37682.php4>

ADEME, IN NUMERI, Carpenè, L., Haeusler, L., (2019): Les réseaux de chaleur et de froid : état des lieux de la filière.

ADEME, Indiggo, I Care & Consult, Carpenè, L., Folthenlogel, P., Rebillat, S., Rémond, G., Sipos, G. (2020): Développement des filières réseaux de chaleur et de froid renouvelable en France à horizon 2050. Impacts socio-économiques et environnementaux, stratégie et plan d'actions.

ADEME (2021): Le Fonds Chaleur en bref. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter: <https://www.ademe.fr/expertises/energies-renouvelables-enr-production-reseaux-stockage/passer-a-laction/produire-chaleur/fonds-chaleur-bref>

AFPAC (2021): La Pompe à Chaleur au centre de la transition énergétique. Une filière prête à relever les enjeux de la relance. Association Française pour les Pompes À Chaleur, 2021.

Assemblée Nationale (2021): Rapport d'information déposé en application de l'article 145 du Règlement par la mission d'information sur la rénovation thermique des bâtiments au nom de la Commission du développement durable et de l'aménagement du territoire. Présenté par M. Vincent Descoeur, Président, et Mme Marjolaine Meynier-Millefert, Rapporteuse, Députés. Paris.

Brehm(2021): CO₂-Bepreisung in Frankreich und Deutschland. Hintergrundpapier des Deutsch-französischen Büros für die Energiewende (DFBEW). Februar 2021.

BWP (2021): Absatzentwicklung Wärmepumpen in Deutschland 2001 – 2020. Nach Wärmepumpen-Typen. Zuletzt abgerufen am 06.10.21 unter: <https://www.waermepumpe.de/presse/zahlen-daten/>

Cerema (2021): Webinaire RE2020. Évolutions et nouveautés de la nouvelle réglementation des bâtiments. 29 juin 2021.

Eurostat (2021a): Electricity prices for household consumers. 1st Semester 2021. Zuletzt abgerufen am 08.10.21 unter: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy_prices/enprices.html

Eurostat (2021): House or flat – owning or renting. More than two thirds of the EU population own their home. Zuletzt angerufen am 08.10.21 unter: <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/digipub/housing/bloc-1a.html?lang=en>

Gagnebin et al. (2019): Die Gelbwesten-Proteste: Eine (Fehler-)Analyse der französischen CO₂-Preispolitik. Hintergrund. Agora Energiewende, Berlin.

INSEE (2021): 37 millions de logements en France au 1er janvier 2020. INSEE Focus n° 217. Institut national de la statistique et des études économiques. Abrufbar unter: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4985385>

LTRS France (2020): Stratégie à long terme de la France pour mobiliser les investissements dans la rénovation du parc national de bâtiments à usage résidentiel et commercial, public et privé. Abrufbar unter: https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/fr_ltrs_2020.pdf

Merly-Alpa et al. (2020): Le parc de logements par classe de consommation énergétique. Document de travail n° 49. Commissariat général au développement durable. Service des données et études statistiques. Ministère de la Transition écologique. La Défense.

Ministère de la Transition écologique (2021a): Chiffres clés de l'énergie. Édition 2021. Septembre 2021. La Défense.

Ministère de la Transition écologique (2021b): Chiffres clés des énergies renouvelables. Édition 2021. La Défense.

Ministère de la Transition écologique (2021c): Project de loi Climat & Résilience : les députés ont voté les mesures sur la rénovation des logements : ça change quoi dans nos vies? Zuletzt abgerufen am 04.10.21 unter: <https://www.ecologie.gouv.fr/projet-loi-climat-resilience-deputes-ont-vote-mesures-sur-renovation-des-logements-ca-change-quoi>

Ministère de la Transition écologique (2021d): Le nouveau diagnostic de performance énergétique (DPE). Dossier de presse. Février 2021.

Ministère de la Transition écologique (2021^e): Consultations publiques. Les consultations publiques du ministère de la Transition écologique. Project de décret relatif à l'interdiction d'installer des systèmes de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire consommant principalement des combustibles à haut niveau d'émissions de gaz à effet de serre dans les bâtiments à usage d'habitation ou à usage professionnel. Zuletzt abgerufen am 05.10.21 unter: <http://www.consultations-publiques.developpement-durable.gouv.fr/projet-de-decret-relatif-a-l-interdiction-d-a2287.html>

Ministère de la Transition écologique (2021f): Évolution du Fonds chaleur en 2021. Zuletzt abgerufen am 06.10.21 unter: <https://www.ecologie.gouv.fr/evolution-du-fonds-chaleur-en-2021>

Ministère de la Transition écologique (2021g): Éco Énergie Tertiaire. Construisons ensemble la transition énergétique. Zuletzt abgerufen am 08.10.21 unter: https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/20064_EcoEnergieTertiaire-4pages-2-1.pdf

Ministère de la Transition écologique (2021h): Guide RE 2020. Éco-construire pour le confort de tous. La Défense.

Ministère de la Transition écologique et solidaire (2020): Stratégie française pour l’Energie et le Climat. Programmation pluriannuelle de l’Énergie. 2019-2023, 2024-2028. Synthèse. Paris.

S2Biom (2017): S2Biom Project. Delivery of sustainable supply of non-food biomass to support a “resource-efficient” Bioeconomy in Europe. Atlas with regional cost supply biomass potentials for EU 28, Western Balkan Countries, Moldavia, Turkey and Ukraine. Zuletzt abgerufen am 08.10.21 unter: https://www.s2biom.eu/images/Publications/D1.8_S2Biom_Atlas_of_regional_cost_supply_biomass_potential_Final.pdf

Vie publique (2021) : Loi 22 août 2021 Climat et résilience convention citoyenne climat. Zuletzt abgerufen am 08.10.2021 unter: <https://www.vie-publique.fr/loi/278460-loi-22-aout-2021-climat-et-resilience-convention-citoyenne-climat>

10.5 Niederlande

BPIE (2021): Buildings Performance Institute Europe, Nearly zero: A review of EU Member State implementation of new build requirements. Abrufbar unter: https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2021/06/Nearly-zero_EU-Member-State-Review-062021_Final.pdf

ECW (2021): Expertise Centrum Warmte, Handreiking voor lokale analyse. Abrufbar unter: <https://www.expertisecentrumwarmte.nl/themas/de+leidraad/handreiking+voor+lokale+analyse/default.aspx>

Government of the Netherlands (2019): Climate Agreement.

Ministry of Economic Affairs and Climate Policy (2019): Integrated National Energy and Climate Plane 2021-2030. The Netherlands.

Netherlands Enterprise Agency (2020): Long-Term Renovation Strategy. En Route to a low-CO₂ Built Environment.

Netherlands Enterprise Agency (2020a): Heating and Cooling Potential Analysis. An assessment of the potential for an efficient heating and cooling supply in the Netherlands.

Niessink (2020): Evaluating the Net Effect of the ISDE Subsidy Scheme in the Netherlands – Comparison of Evaluation Methods to Estimate Additionality. Abrufbar unter: <https://energy-evaluation.org/wp-content/uploads/2020/07/eee2020-paper-niessink-44-70-niessink-robin.pdf>

Öko-Institut (2021): Phase-out regulations for fossil fuel boilers at EU and national level. Abrufbar unter: https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Phase-out_fossil_heating.pdf

Öko-Institut und Hamburg Institut (2021): Ansätze zur Wärmeplanung in den Niederlanden und Übertragbarkeit auf Deutschland. Abrufbar unter: https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Partnerpublikationen/2021/Agenda_Waermewende_2021/2021-06-10_Waermeplanung_NL.pdf

PBL (2020): Planbureau voor de Leefomgeving, Startanalyse aardgasvrije buurten 2020. Abrufbar unter: <https://www.pbl.nl/publicaties/startanalyse-aardgasvrije-buurten-2020>

PBL (2021): Planbureau voor de Leefomgeving, Beleidsoverzicht en factsheets beleidsinstrumenten. Abrufbar unter: <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2021-beleidsoverzicht-en-factsheets-beleidsinstrumenten-4708.pdf>

Sunderland und Santini (2020): Filling the policy gap: Minimum energy performance standards for European buildings. Abrufbar unter: <https://www.raponline.org/knowledge-center/filling-the-policy-gap-minimum-energy-performance-standards-for-european-buildings/>

10.6 Industrielle Prozesswärme

Danish Ministry of Climate, Energy and Utilities (2019): Denmark's Integrated National Energy and Climate Plan.

Destatis (2021): Europa in Zahlen. Zuletzt abgerufen am 19.04.21 unter: https://www.destatis.de/Europa/DE/Staat/EU-Staaten/_inhalt.html

RICHTLINIE 2012/27/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 25. Oktober 2012 zur Energieeffizienz, zur Änderung der Richtlinien 2009/125/EG und 2010/30/EU und zur Aufhebung der Richtlinien 2004/8/EG und 2006/32/EG: 2012/27/EU, 2012. Zuletzt abgerufen am 16.11.21 unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=de>

European Commission (2016): A Study on Energy Efficiency in Enterprises: Energy Audits and Energy Management Systems.

European Commission (2020): Final Report Energy Taxes. Energy costs, taxes and the impact of government interventions on investments.

International Energy Agency (IEA) (2017): Energy Policies of IEA Countries: Denmark 2017 Review.

International Energy Agency (IEA) (2017): Energy Policies of IEA Countries: France 2016 Review.

International Energy Agency (IEA) (2018): Energy Policies of IEA Countries: Finland 2018 Review.

International Energy Agency (IEA) (2019): Energy Policies of IEA Countries: Sweden 2019 Review.

International Energy Agency (IEA) (2020): Energy Policies of IEA Countries: Netherlands 2020 Review.

International Energy Agency (IEA) (2021): Policies Database. Zuletzt abgerufen am 07.10.21 unter:

<https://www.iea.org/policies?sector=Industry>

Ministère de la Transition Écologique (2020): Integrated National Energy and Climate Plan for France.

Ministry of Economic Affairs and Climate Policy (The Netherlands) (2019): Integrated National Energy and Climate Plan.

Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland (2019): Finland's Integrated Energy and Climate Plan.

Ministry of Infrastructure (Sweden) (2020): Sweden's Integrated National Energy and Climate Plan.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2019): Taxing Energy Use 2019: Country Note – Denmark.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2019): Taxing Energy Use 2019: Country Note – Finland.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2019): Taxing Energy Use 2019: Country Note – France.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2019): Taxing Energy Use 2019: Country Note – Netherlands.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2019): Taxing Energy Use 2019: Country Note – Sweden.