

# Zielbild: "Klimaneutrales Krankenhaus"

Fachliche Begleitung und  
Erstellung eines Gutachtens

---



**Herausgeberin:**

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH  
Döppersberg 19  
42103 Wuppertal

www.wupperinst.org

**Ansprechperson:**

Oliver Wagner  
Energie-, Verkehrs- und Klimapolitik  
oliver.wagner@wupperinst.org  
Tel. +49 202 2492-188

**Autorinnen und Autoren:**

Oliver Wagner, Ulrich Jansen, Lena Tholen und Anja Bierwirth  
E-Mail: oliver.wagner@wupperinst.org

**Bitte die Publikation folgendermaßen zitieren:**

Wagner, O.; Jansen U., Tholen, L., Bierwirth, A. (2022). Zielbild: Klimaneutrales Krankenhaus, Abschlussbericht, Wuppertal Institut.

Wuppertal, März 2022

**Bildquellen:**

Titelbild: mit freundlicher Genehmigung von ecf architekten gmbH

Der Text dieser Publikation steht unter der Lizenz „Creative Commons Attribution 4.0 International“ (CC BY 4.0).

Der Lizenztext ist abrufbar unter: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Warum Klimaschutz im Krankenhaus?</b>	<b>1</b>
1.1	Krankenhäuser als Reallabore des bevorstehenden Transformationsprozesses	1
1.2	Was bedeutet „klimaneutrales Krankenhaus“?	3
<b>2</b>	<b>Handlungsfelder zum Klimaschutz an Krankenhäusern</b>	<b>5</b>
2.1	Übergeordnete Handlungsfelder und -optionen	5
2.1.1	<i>Kampagnen</i>	5
2.1.2	<i>Klimaschutz-Controlling</i>	7
2.1.3	<i>Verantwortlichkeiten</i>	9
2.1.4	<i>Ökostrom</i>	10
2.1.5	<i>Entwicklung und Umsetzung smarterer Lösungen</i>	13
2.2	Gebäudeenergie	14
2.2.1	<i>Wärmeeffizienz</i>	15
2.2.2	<i>Stromeffizienz</i>	18
2.2.3	<i>Erneuerbarer Energien im Wärmebereich</i>	20
2.2.4	<i>Erneuerbare Energien nutzen</i>	21
2.2.5	<i>Not(strom)versorgung und Integration eines BHKW</i>	24
2.3	Mobilität	25
2.3.1	<i>Betriebliche Flotte</i>	26
2.3.2	<i>Mobilität der Beschäftigten</i>	27
2.3.3	<i>Besucherinnen- und Besucherverkehre</i>	29
2.4	Beschaffung von Material und Dienstleistungen	30
2.4.1	<i>Medizinische Geräte / Produkte / (Narkose-)Gase</i>	32
2.4.2	<i>Grüne Beschaffung von Verbrauchsmitteln</i>	33
2.4.3	<i>Ernährung im Krankenhaus</i>	35
<b>3</b>	<b>Programm Klimaschutz: Vorschlag für 10 Maßnahmen.</b>	<b>38</b>
3.1	Klimaschutzmanagement (3 Jahre)	39
3.2	Photovoltaik (2 Jahre)	39
3.3	Wärme- und Kälteerzeugung (5 bis 10 Jahre)	40
3.4	Gebäudehüllen (5 bis 10 Jahre)	41
3.5	LED-Beleuchtung (2 Jahre)	41
3.6	Heizungspumpen (5 Jahre)	41
3.7	Lüftungsanlagen (5 bis 10 Jahre)	42
3.8	Ohne Auto zum Krankenhaus (1 Jahr)	42
3.9	Ausbau E-Mobilität (3 Jahre)	43
3.10	Narkosegase (2 Jahre)	43
<b>4</b>	<b>Fazit</b>	<b>44</b>
<b>5</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>46</b>



# 1 Warum Klimaschutz im Krankenhaus?

Die global gesehen größte Gesundheitsbedrohung des 21. Jahrhunderts ist der Klimawandel. Krankenhäuser müssen sich zwangsläufig vermehrt mit den Folgen des Klimawandels auseinandersetzen, wenn neue Krankheitserreger aus fernen Ländern auftreten oder wenn ältere Menschen, chronisch Kranke, Kinder oder anderweitig besonders betroffene Menschen an heißen Tagen mit bislang unerreichten Hitzerekorden dehydrieren mit der Folge von Herzkreislaufproblemen. Der Gesundheitssektor trägt aber auch wesentlich zur Klimakrise bei, indem er selbst für einen erheblichen Teil der klimaschädlichen Emissionen verantwortlich ist. Dieses Papier soll einen Weg aufzeigen, wie Krankenhäuser, als wesentlicher Teil des Gesundheitswesens, sich ihrer Verantwortung entsprechend verändern und perspektivisch Teil der Lösung der derzeit größten Transformationsherausforderung werden können. Dabei können Krankenhäuser durchaus als ein Mikrokosmos der Gesellschaft betrachtet werden. In Krankenhäusern spiegelt sich förmlich alles, was das Leben einer Gesellschaft hinsichtlich der Herausforderung des Klimaschutzes ausmacht: Alle Dinge des Alltags einer Gesellschaft findet man auch im Krankenhaus: Strom- und Wärmever-sorgung, Mobilität, Ernährung, Ressourcenverbrauch und Abfall. Dies eröffnet die Möglichkeit, Krankenhäuser als Reallabore des bevorstehenden Transformationsprozesses, hin zu einer klimagerechten und ressourcenleichten Gesellschaft zu verstehen. Dieses Argumentationspapier soll daher weit über den Geltungsbereich der Krankenhäuser hinauswirken, denn der Beschluss des Bundesverfassungsgerichts vom 29. April 2021 verpflichtet Deutschland dazu, aktiv stärker beim Klimaschutz vorzubeugen. Das Minderungsziel für 2030 angepeilte Klimaschutzziel der Bundesregierung sieht vor, dass sich bis dahin die Treibhausgasemissionen um 65 % gegenüber dem Jahr 1990 verringern. Für das Jahr 2040 gilt ein Minderungsziel von mindestens 88 % und bis 2045 soll Deutschland die Treibhausgasneutralität erreichen: Es muss dann also ein Gleichgewicht zwischen Treibhausgas-Emissionen und deren Abbau bestehen.

## 1.1 Krankenhäuser als Reallabore des bevorstehenden Transformationsprozesses

Krankenhäuser als Reallabore des bevorstehenden Transformationsprozesses zu verstehen macht vor diesem Hintergrund aus zweierlei Gründen Sinn: Erstens sind andere Bereiche in ähnlichen Situationen wie Krankenhäuser und stehen vor den gleichen Herausforderungen und zweitens liegt ein Großteil der Reduktionspotenziale von Treibhausgasen außerhalb der räumlichen Grenzen eines Krankenhauses und kann auch nur bedingt durch die Maßnahmen eines Krankenhauses beeinflusst werden. Es ist daher wichtig deutlich zu machen, an welchen Stellschrauben Krankenhäuser drehen können, um ihren angemessenen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Anders gesagt: in welchen Bereichen (Scopes) kann ein Krankenhaus selbst aktiv Klimaschutz betreiben und wo kann es durch sein Handeln auch indirekt einen Einfluss ausüben. Für die Ermittlung einer Treibhausgasbilanz von Unternehmen werden daher die folgenden drei Bereiche unterschieden:

Bereich 1 (Scope 1): Dieser Bereich beinhaltet Emissionen, die direkt von den Einrichtungen und deren Fahrzeugen ausgehen. Das sind beispielsweise gasbefeuerte Heizungsanlagen und mit Kraftstoffen betriebene Dienstfahrzeuge.

Bereich 2 (Scope 2): Diese beinhalten die indirekten Emissionen aus bezogenen Energiequellen wie Strom oder Fernwärme.

Bereich 3 (Scope 3): Dieser Bereich beinhaltet all jene Emissionen, die in der Versorgungskette durch Produktion, Transport und Entsorgung von Waren und Dienstleistungen entstehen. Er bezieht sich also auch auf die Herkunft von Arzneimitteln und anderen Chemikalien, Lebensmitteln, medizinischen Geräten und Instrumenten sowie auf Anfahrten der Mitarbeitenden sowie der Patient\*innen und Besucher\*innen eines Krankenhauses.

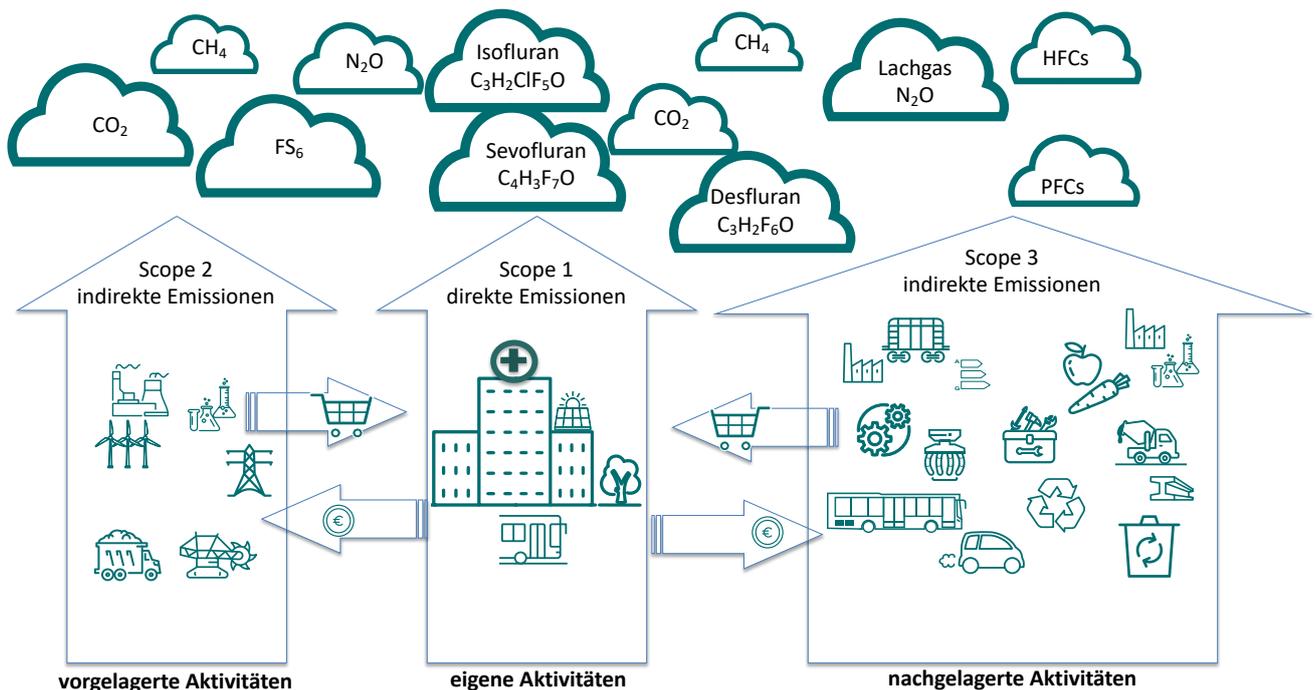
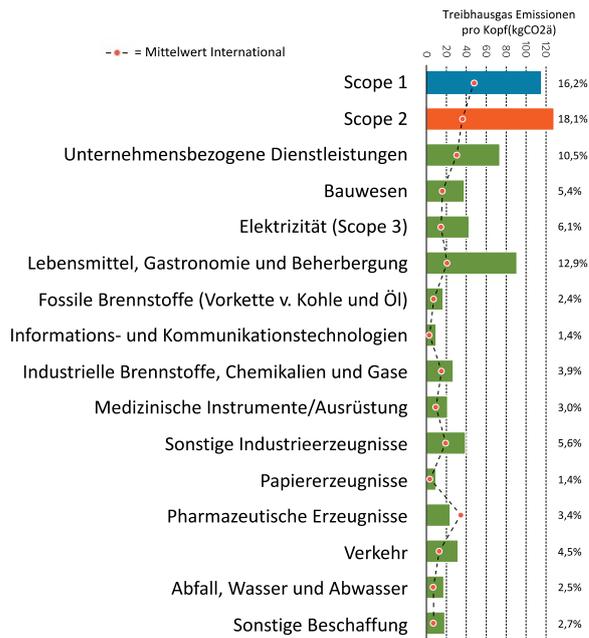


Abb. 1-1 Treibhausgasrelevante Bereiche (Scopes) der Krankenhausbewirtschaftung, eigene Darstellung

Betrachtet man alle drei relevanten Bereiche, so kommt man auf ganz erhebliche Emissionsmengen. Das Gesundheitswesen hat in Deutschland einen Anteil von rund 11 % am Bruttoinlandsprodukt und verursacht laut einer Untersuchung von Health Care Without Harm / ARUP 5,2 % der nationalen  $\text{CO}_2$ -Gesamtemissionen Deutschlands (Health Care Climate Action 2014), wovon die Bewirtschaftung von Krankenhäusern einen sehr großen Teil ausmacht. Dabei sind vor allem die energieintensiven Krankenhausabteilungen (Intensivstationen/OP-Bereiche) zu nennen, die über 50 % der Treibhausgasemissionen sowie die Nutzung von Narkosegasen rund 35 % der Treibhausgasemissionen eines Krankenhauses ausmachen können (Koch und Pecher 2020).



**Abb. 1-2** Der Fußabdruck des Gesundheitssektors im Jahr 2014, mit Angabe von Scope 1 (vor Ort), Scope 2 (eingekaufte Energie) und Scope 3-Emissionen (aufgeschlüsselt nach Kategorie der Vorkette), Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Health Care Climate Action 2014) (Health Care Climate Action 2014)

Das ist hinsichtlich der Belastung für das Klima eine Größenordnung, die nur wenig geringer ist als die der Stahlindustrie (6 %), welcher allerdings deutlich mehr Beachtung in der öffentlichen Diskussion gewidmet wird. Es ist also höchste Zeit, dass eine Klimaschutzstrategie für Krankenhäuser entwickelt wird. Dies betrifft nicht nur NRW und Deutschland, sondern das Gesundheitswesen weltweit. 1 % der durch das Gesundheitswesen verursachten globalen Klimagase stammen aus Anästhesiegasen und Dosieraerosole (Karlner et al. 2019) und könnten mit vertretbarem Aufwand erheblich reduziert werden. In der klimafreundlichen Bewirtschaftung von Krankenhäusern liegt somit ein ganz erhebliches Potenzial zur Erreichung der nationalen Klimaschutzziele. Dieses Papier soll aufzeigen, dass die Krankenhäuser in NRW eine ganz wichtige Vorreiterfunktion bei dieser globalen Aufgabe wahrnehmen können.

## 1.2 Was bedeutet „klimaneutrales Krankenhaus“?

Im allgemeinen Sprachgebrauch wird oftmals nicht zwischen CO<sub>2</sub>-Neutralität, Treibhausgasneutralität und Klimaneutralität unterschieden. Das seitens der Krankenhäuser in NRW angestrebte Ambitionsniveau der Klimaneutralität ist unter den drei genannten das höchste, also das mit dem klimapolitisch anspruchsvollsten Ziel. Denn es besagt, dass sämtliche anthropogenen und natürlichen temperaturbeeinflussenden Faktoren ausgeglichen werden. Das zweithöchste Ambitionsniveau hat die Treibhausgasneutralität zum Ziel. Ziel ist ein Ausgleich von Quellen und Senken aller im Kyoto-Protokoll festgelegten Treibhausgasemissionen. Da es bisher für die Treibhausgasemissionen, die nicht CO<sub>2</sub> sind (also beispielsweise Lachgas, welches auch als Narkosegas eingesetzt werden kann) bislang kaum Möglichkeiten gibt, diese bilanziell auszugleichen, erfordert Treibhausgasneutralität ein Übererfüllen in Bezug

auf CO<sub>2</sub>. Es muss also mehr CO<sub>2</sub> gespeichert als erzeugt werden. Die CO<sub>2</sub>-Neutralität beschreibt entsprechend das niedrigste Ambitionsniveau. Sie ist erreicht, wenn alle CO<sub>2</sub> -Quellen und -Senken ausgeglichen sind.

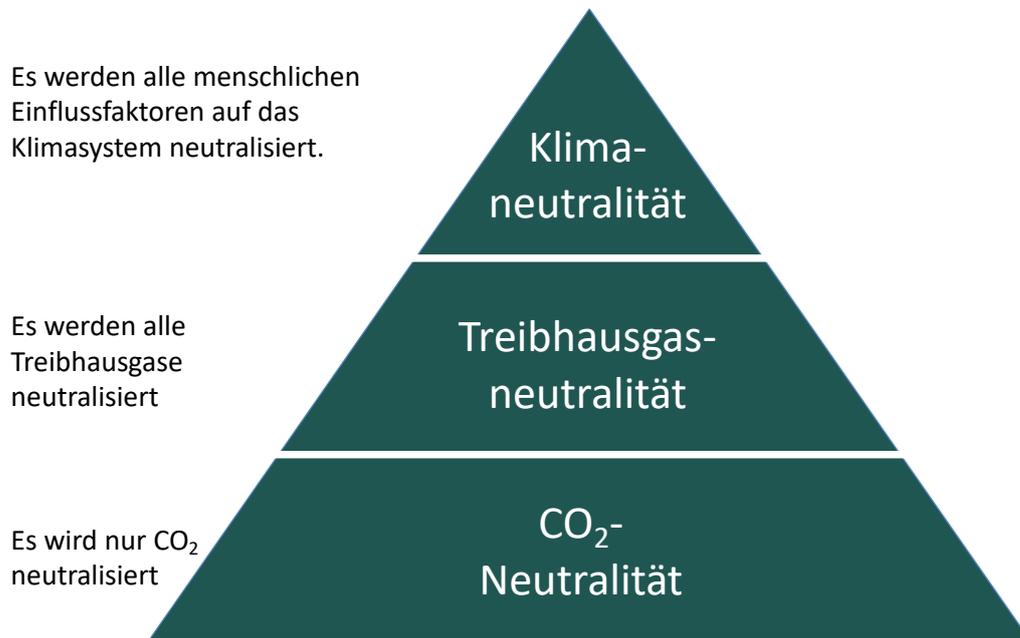


Abb. 1-3 Klimaschutz-Ambitionsniveaus, Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an dena 2020

Die große Herausforderung für Krankenhäuser auf dem Weg zur Klimaneutralität besteht darin, dass sie ihren Beitrag zum Gesamtziel leisten können, jedoch zur Zielerreichung auch darauf angewiesen sind, dass andere Akteure (Scope 2 und 3) ebenfalls eine entsprechende Klimaschutzstrategie verfolgen.

## 2 Handlungsfelder zum Klimaschutz an Krankenhäusern

Die Frage, was Angehörige der Gesundheitsberufe und Organisationen des Gesundheitssektors für den Klimaschutz tun können, hat in den letzten Jahren enorm an Bedeutung gewonnen. Gleichzeitig kann festgehalten werden, dass die unmittelbaren Zusammenhänge zwischen Klima und Gesundheit hierzulande einer noch stärkeren Würdigung bedürfen und viele gute, erprobte und bewährte Maßnahmen in eine flächige Umsetzung kommen sollten (Lehmkuhl 2019). Folgend werden daher die für Krankenhäuser zentralen Handlungsfelder mit ihren Klimaschutzoptionen dargestellt.

### 2.1 Übergeordnete Handlungsfelder und -optionen

Zu den übergeordneten Aspekten im Rahmen der hier aufgeworfenen Fragestellungen zählen etwa Kampagnen, ein Controlling, eine Festlegung von Verantwortlichkeiten (etwa durch ein Klimaschutzmanagement) und klare Vorgaben.

#### 2.1.1 Kampagnen

Klimaschutzkampagnen sind ein wirksames Instrument, um die Belegschaft und die Gäste von Krankenhäusern zu sensibilisieren, so das Nutzerverhalten zu beeinflussen und Akzeptanz für die Umsetzung von Maßnahmen zu schaffen. Dabei gibt es eine Bandbreite an Möglichkeiten, um die Mitarbeitenden, Patient\*innen, Besucher\*innen, aber z.B. auch einweisende Ärzt\*innen und die interessierte Öffentlichkeit über Optionen zum Klimaschutz zu informieren, Handlungsanweisungen zu geben und über die Ursachen und Folgen des Klimawandels aufzuklären. Ein beliebtes Format sind klassische Informationsangebote wie Plakate, Aufkleber, Broschüren, Mitmachaktionen, Wettbewerbe und Veranstaltungen. Bei all diesen Maßnahmen ist es entscheidend, dass diese leicht verständlich und zielgruppengerecht (z.B. nach Verbrauchstypen, Lebensphasen, Tätigkeitsfeld) umgesetzt werden, konkrete Handlungsanweisungen enthalten („Call to Action“) und einen klaren Mehrwert aufzeigen. Ziel der Klimaschutzkampagne ist es, im Krankenhaus und darüber hinaus in allen klimarelevanten Bereichen Treibhausgasemissionen zu reduzieren.

Die Klimaschutzkampagne kann ideal mit einer Kommunikation nach innen und außen kombiniert werden. Je nachdem, welche Strukturen im Krankenhaus bestehen, können Aktivitäten aus der Kampagne z.B. in krankenhauses-internen Newslettern verbreitet werden. Dieses schafft Akzeptanz und Transparenz und eröffnet Möglichkeiten zur Partizipation. Um auch nach außen über Klimaschutzaktivitäten zu informieren bieten sich Webseiten, Social-Media-Beiträge oder Krankenhaus-Zeitungen an. Hierbei können unter anderem Tipps zum Energiesparen geteilt oder über Aktivitäten im Krankenhaus rund um das Thema Klimaschutz informiert werden.

Neben klassischer Kampagnenarbeit und der Kommunikation nach innen und außen leisten (verpflichtende) Schulungen der Mitarbeiter\*innen ebenfalls einen relevanten Beitrag, um das Klima zu schützen. Die Schulungen können sehr unterschiedlich ausgestaltet werden. Je nach Zielgruppe können z.B. Tipps zum Energiesparen gegeben, alternative Mobilitätsoptionen diskutiert oder (wenn die Zielgruppe einen technischen Hintergrund hat, wie etwa die Mitarbeitenden der Haustechnik oder des Facility Managements) technische Lösungsoptionen präsentiert werden.

Um die Klimaschutzkampagne umzusetzen, sollten zunächst die Verantwortlichkeiten abgeklärt werden. Ein\*e Klimamanager\*in oder eine ausgewählte Person sollte für die Umsetzung der Kampagne verantwortlich sein, mit Unterstützung weiterer Akteure. Um die Belegschaft mit ins Boot zu holen, Umsetzungsmöglichkeiten zu diskutieren und Feedback einzuholen, kann eine Arbeitsgruppe eingerichtet werden. Ferner ist es entscheidend, dass auch die Krankenhausleitung die Kampagne aktiv unterstützt und ein klares Signal sendet. Es folgt die Entwicklung krankenhausspezifischer Maßnahmen, eine Machbarkeitsprüfung und eine Kalkulation der Kosten.

Je nach Maßnahme fallen diese unterschiedlich aus. Bei der Umsetzung einer anfangs beschriebenen klassischen Klimaschutzkampagne ist zwar mit geringen Materialkosten zu rechnen, jedoch müssen auch Personalkosten für die Umsetzung berücksichtigt werden. Sind Strukturen zur Kommunikation nach innen und außen etabliert, indem beispielsweise regelmäßig eine Zeitung erscheint, ein Newsletter verschickt wird, Social-Media-Kanäle bespielt oder die Webseite aktualisiert wird, fallen ebenfalls geringe Kosten an. Diese werden mit etwa 1.000 € pro Krankenhaus kalkuliert, wobei die Kosten je nach Dauer und Umfang der Kommunikationsmaßnahme wiederholt anfallen.

Für die Schulung der Mitarbeiter\*innen hängen die Kosten von dem thematischen Schwerpunkt und von den Referent\*innen ab. Hat das Krankenhaus eine\*n Klimamanager\*in eingestellt, kann diese\*r gegebenenfalls die Schulung übernehmen. Ist kein\*e Klimamanager\*in vorhanden oder handelt es sich bei der Schulung um Spezialthemen (beispielsweise um technische Einstellungen bei der Heizungsanlage), müssen externe Referent\*innen eingeladen werden, für die ein Honorar eingeplant werden muss (je nach Häufigkeit der Schulung ca. 1.000 € bis 10.000 € pro Jahr und Krankenhaus).

Den Kosten gegenüber stehen die Einsparungen, die mit der Klimaschutzkampagne erreicht werden. Insgesamt wird das Energiesparpotenzial (Strom und Wärme) auf Grundlage von umgesetzten Beispielen (Dickhoff et al. 2016; Matthies und Hansmeier 2010; Ostertag et al. 2021) auf 2 bis 10 % geschätzt, wobei zu berücksichtigen ist, dass viele Faktoren bei der Berechnung der Einsparungen eine Rolle spielen (Kontinuität, Zurechenbarkeit der Maßnahme, Berechnungsmethode). In einem ähnlichen Umfang befindet sich das CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial, wobei auch hier Unsicherheiten hinsichtlich der Erreichbarkeit und der Wirkdauer berücksichtigt werden müssen. Insgesamt müssen derartige Kampagnen regelmäßig wiederholt werden, da sich nach einer gewissen Zeit wieder alte Routinen „einschleifen“. Erfahrungen zeigen, dass bei verhaltensbezogenen und organisatorischen Maßnahmen von einer maximalen Wirkdauer von etwa zwei Jahren ausgegangen werden kann (Tews et al. 2020).

Auch wenn die Klimaschutzwirkung einer Klimaschutzkampagne nur schwer abgeschätzt werden kann, so sollte es dies kein Grund darstellen, die Maßnahme nicht umzusetzen. Die Vermittlung von Umweltwissen und das Schaffen eines Umweltbewusstseins sind wesentliche Elemente, um Klimaschutz in den Köpfen der Menschen zu verankern, die Motivation zu erhöhen, das Klima aktiv zu schützen und ein gemeinsames Ziel zu verfolgen. Gerade die enge Verbindung zwischen Gesundheitsschutz und Klimaschutz zeigt, dass die Themen nicht losgelöst voneinander behandelt werden können und ein gemeinsames Verständnis notwendig ist. Zudem zeigen

Studien, dass die Motivation der Beschäftigten gesteigert wird, die Identifikation mit dem Arbeitgeber gesteigert wird und das „Wir-Gefühl“ in der Belegschaft durch gemeinsame Projekte zunimmt (Andree und Poremski 2015).

### 2.1.2 Klimaschutz-Controlling

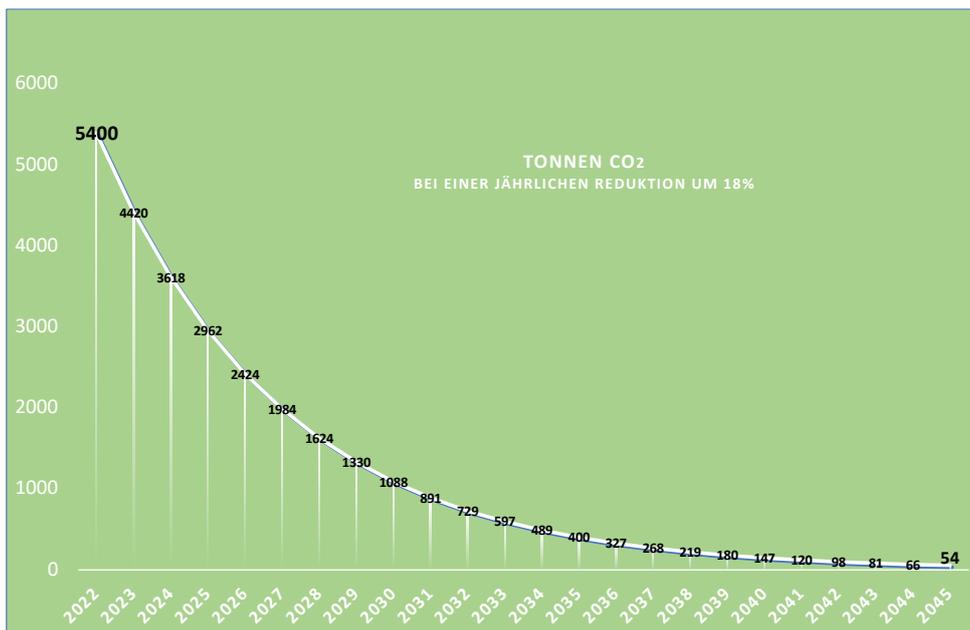
Die wesentlichen Aufgaben des Klimaschutz-Controllings bestehen darin, die relevanten CO<sub>2</sub>-Emissionen für den Standort zu erfassen, Klimaschutzziele zu formulieren und danach den Prozess zu steuern, das heißt Maßnahmen auszuwählen und deren Umsetzung voranzubringen. Um den Weg zum klimaneutralen Krankenhaus zielstrebig und kontinuierlich zu verfolgen, ist es sinnvoll, einen individuellen Dekarbonisierungsfahrplan zu erstellen. Dazu sollten nach einem einheitlichen und somit einen Vergleich erlaubenden Verfahren CO<sub>2</sub>-Emissionsbilanzen an Krankenhäusern erstellt werden, die regelmäßig wiederholt werden, um eine Erfolgskontrolle zu ermöglichen.

Ein wesentliches Problem in diesem Zusammenhang ist, dass es den Einrichtungen im Gesundheitswesen bislang kaum möglich ist, die Treibhausgasemissionen für die eigene Einrichtung umfassend und nach einheitlichen Standards zu ermitteln. Die in den Kliniken selber verursachten, also direkten Emissionen beispielsweise für stationäre technische Anlagen sowie den Fuhrpark oder flüchtige Gase (Scope 1) werden bisher lediglich von einigen wenigen Kliniken bilanziert (Binder et al. 2021). Vor allem angesichts des hohen Anteils der indirekten Treibhausgasemissionen bei Krankenhäusern die sich aus Scope 3 ergeben und etwa zwei Drittel der Treibhausgase im Gesundheitswesen ausmachen, wäre ein einheitliches Messverfahren sinnvoll. Denn die vor- und nachgelagerte Wertschöpfungsketten, Dienstreisen, Pendelverkehre der Beschäftigten, der Transport- und Herstellungsaufwand in den globalen Lieferketten für die Beschaffung von Waren und Medizinprodukten sowie Arzneimitteln und auch die Entsorgung von anfallenden Abfällen, erfordern zur Ermittlung hohen Aufwand und zur Bewertung ein einheitliches Erhebungsverfahren. Um eine wirkliche Vergleichbarkeit zu ermöglichen, wäre es sinnvoll, ein einheitliches Erfassungssystem zu etablieren. Ein solches Tool zur zentralen Datenerhebung wird derzeit durch das NRW-Wirtschaftsministerium (MWIDE) und das Landesamt für Umwelt und Naturschutz (LANUV) im Projekt „Klimaneutrale Landesverwaltung“ für das Land NRW erarbeitet. Ein System um hinsichtlich des Klimaschutzes alle relevanten Daten einheitlich zu erfassen und zu bewerten, wäre außerordentlich hilfreich. Denn dann könnten Daten der Krankenhäuser auch zentral gesammelt und ausgewertet werden, um eine valide Aussage über die Treibhausgasemissionen der Krankenhäuser in NRW treffen zu können.

Für das Controlling ist es in jedem Fall sinnvoll, sich sektorale Ziele zu setzen. Wenn beispielsweise in einem fiktiven Krankenhaus mit rund 600 Betten ein jährlicher Wärmebedarf von 9 Mio. kWh und ein Strombedarf von 6 Mio. kWh anfallen, können daraus die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Gebäudeenergie errechnet werden. Das sind im Beispiel je nach Energieträgermix rund 5.400 t CO<sub>2</sub> pro Jahr (Bolle 2021 S. 25). Im Modellkrankenhaus mit 339 Betten und einem Jahresbedarf thermisch in Höhe von 25.000 kWh sowie 7.800 kWh elektrisch kommt man auf etwa 3.200 t CO<sub>2</sub> pro Jahr.

Der Klimaschutzfahrplan ermöglicht es, dass zu einem Zieljahr dieser Wert Null oder fast Null betragen sollte. Nach den gesetzlichen Vorgaben wäre dies spätestens 2045,

nach verschiedenen kommunalen Vorgaben vielleicht auch schon früher. Der Fahrplan ermöglicht es, dass in regelmäßigen Zeitabschnitten Ziele kontrolliert werden können. So könnte ein solcher Fahrplan etwa wie auf folgender Abbildung aussehen. Im obigen Beispielkrankenhaus ergeben sich bei einer Zielsetzung zur Dekarbonisierung bis zum Jahr 2045 jährliche Reduktionserfordernisse von 18 % zum jeweiligen Vorjahr. Eine prozentuale Zielsetzung ist insofern sinnvoller als eine lineare Zieldefinition, da erfahrungsgemäß die ersten Maßnahmen die verhältnismäßig größten Erfolge ermöglichen (low hanging fruits). Im angenommenen Beispiel wird davon ausgegangen, dass im Gebäudeenergiebereich 99 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2045 reduziert werden sollen. Das restliche eine Prozent soll durch Kompensationsmaßnahmen ausgeglichen werden.



**Abb. 2-1** Ziele auf dem Weg zum klimaneutralen Krankenhaus eines fiktiven Beispiels, Quelle: eigene Darstellung

Die obige Abbildung zeigt beispielhaft, welchen Ziel-Zeitpfad sich das Krankenhaus auf Basis geplanter Maßnahmen vorgenommen hat. Dem Fahrplan müssen entsprechende Maßnahmen hinterlegt werden, mit dem die Ziele erreicht werden können (siehe beispielsweise folgende Abbildung). Im Sinne des Controllings kann dann regelmäßig überprüft werden, ob die Richtung stimmt oder ob gegebenenfalls nachgesteuert werden muss.

Für das Controlling ist es in jedem Fall sinnvoll, wenn zunächst mittels einer Potentialanalyse im individuellen Fall festgelegt wurde, welche Maßnahmen den zum jeweiligen Ziel passenden Beitrag leisten würde. Dabei muss auch darauf geachtet werden, dass gegebenenfalls Fehlinvestitionen vermieden werden. So kann beispielsweise die Investition in eine neue Gas- oder Ölheizung helfen, um die momentan erforderliche CO<sub>2</sub>-Einsparung zu erreichen. Die Festlegung auf einen fossilen Energieträger hat jedoch unter Umständen einen gewissen Lock-in-Effekt zur Folge, der es dann wiederum erschwert, die zu einem späteren Zeitpunkt angestrebten Ziele zu erreichen.

Ein solcher Fahrplan kann die Maßnahmen aus einem „Klimaschutzbaukasten“ so auftragen, dass sie in der Summe ihrer Umsetzungen dazu führen, dass die jeweiligen Klimaschutzziele erreicht werden.

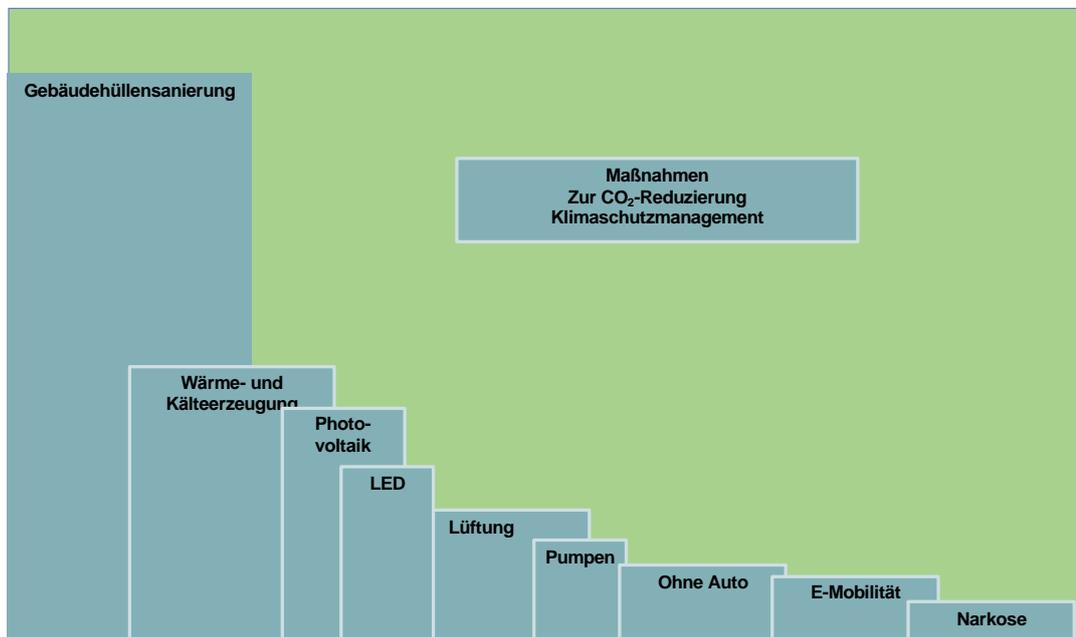


Abb. 2-2 Klimaschutzfahrplan eines fiktiven Beispiels, Quelle: eigene Darstellung

Die Immobilien „fit zu machen“ für die Dekarbonisierung ist der richtige Ansatz (Bolle 2021), der allerdings auch eine langfristige Strategie erfordert, für die ein Controlling eine wichtige Hilfestellung bietet. Zum Beispiel könnte die KWK-Technologie zur Strom- und Wärmeerzeugung den ersten Dekarbonisierungsschub für die Gebäudewirtschaftung geben. In den Folgejahren könnten sukzessive Wärmedämmung, Heizflächen- und Hydraulikoptimierung, LED-Beleuchtung, Wärmerückgewinnung und Kondensationskälte folgen. Eine große PV-Anlage könnte in zeitlicher Folge zur Dachsanierung erfolgen.

### 2.1.3 Verantwortlichkeiten

Mit der Festlegung von Verantwortlichkeiten wird auch eine Rolle des Führens durch den Klimaschutzprozess angelegt. Die Position des Klimaschutzmanagements muss daher so ausgestaltet sein, dass sie auch wirklich eine Managementfunktion ausüben kann und finanziell sowie hinsichtlich ihrer Befugnisse auch eng mit der Geschäftsleitung zusammenarbeiten kann. Die Stelle des Klimamanagements sollte eine Stabsstelle mit direkter Anbindung an die Geschäftsleitung sein und für Kampagnen, Controlling und geringinvestive Maßnahmen eine eigene Budgetverantwortung haben. Um die notwendigen Maßnahmen an einem Krankenhausstandort ambitioniert und langfristig umzusetzen, Klimaschutz dauerhaft in allen relevanten Handlungsfeldern zu verankern und die Belegschaft für Klimaschutzbelange zu sensibilisieren braucht es eine verbindliche Verantwortlichkeit. Dies kann eine eigens hierfür geschaffene Stelle sein, beispielsweise ein\*e Nachhaltigkeits- oder Klimamanager\*in. In die Verantwortlichkeit dieser Person würde auch die Wirkungskontrolle der durchgeführten

Klimaschutzmaßnahmen und deren kontinuierliches Monitoring fallen. Unterstützt werden könnte diese Person bei ihrer Arbeit durch eine aus verschiedenen Akteurinnen und Akteuren zusammengesetzte Arbeitsgruppe, die alle klimaschutzrelevanten Arbeits- und Handlungsfelder des Krankenhauses abdeckt und regelmäßig zusammentrifft.

Klimaschutz erfordert, wenn er dauerhaft und erfolgreich als Aufgabe wahrgenommen werden soll, eine Institutionalisierung. Dies ist gegeben, wenn das Klimamanagement als direkt an die Geschäftsleitung berichtende Stabsstelle eingerichtet und mit den oben angesprochenen Kompetenzen ausgestattet ist. Eine zu komplexe Struktur sollte vermieden werden. Hierzu sollte ein dauerhaftes Klimaschutzmanagement oder eine Stabsstelle für Klimaschutz beziehungsweise eine Klimaschutzleitstelle eingerichtet werden, die Ansprechpartnerin für die Beschäftigten auf den Stationen und in den Funktionsbereichen sowie für das Management ist. Diese Stabsstelle soll zum Motor und zur Schaltzentrale eines Klimaschutz-Prozesses werden. Sie ist für die Steuerung und das Controlling des Klimaschutzprozesses verantwortlich. Das heißt, sie prüft kontinuierlich, ob Klimaschutzziele erreicht werden, wie wirkungsvoll Maßnahmen umgesetzt werden und steuert gegebenenfalls entsprechend nach. Sofern möglich, sollten hier auch Fördergelder beantragt werden (etwa aus der nationalen Klimaschutzinitiative), um Maßnahmen wirtschaftlich und schnell umsetzen zu können.

Das Vorhandensein einer Person die sich kümmert, die Motor und Promoter\*in von Prozessen ist sowie die Etablierung einer kompetenten Lenkungsgruppe, sind neben der intrinsischen Motivation der unmittelbar beteiligten Akteure, entscheidende Erfolgsfaktoren bei Klimaschutzprozessen.

#### 2.1.4 Ökostrom

„Ökostrom“ ist kein geschützter Begriff und kein Qualitätsbegriff im Sinne eines allgemein akzeptierten Kriterienkatalogs („Ökostrom“ 2022). Er ist auch nicht zu verwechseln mit dem Regelwerk der Taxonomie, mit dem die EU festlegt, welche wirtschaftlichen Tätigkeiten zu Umweltzielen beitragen. Die Taxonomie-Verordnung soll als Teil des Green New Deal ein gemeinsames europäisches Verständnis der Nachhaltigkeit schaffen und Investitionen in nachhaltige Technologien fördern. Es geht dabei also um Investitionen in Erzeugungsanlagen und nicht um den Bezug von Strom. Als Ökostrom werden in der Regel Stromlieferverträge bezeichnet, die an bestimmte Bedingungen geknüpft sind. Der Bezug Ökostrom hat Signalwirkung: er zeigt, dass der oder die Energieabnehmer\*in an einer klimafreundlichen Art der Energieversorgung interessiert ist. Insofern ist es für Krankenhäuser sinnvoll, sogenannten Ökostrom mit definierten Qualitätsmerkmalen zu beziehen. Es steht ihnen, wie anderen Unternehmen auch, grundsätzlich frei, konkrete Anforderungen an ihre Beschaffungsgegenstände zu stellen. Auch für die Beschaffung von „Strom“ können bestimmte Anforderungen an das zu erwerbende Produkt gestellt werden.

Allerdings stehen Krankenhäuser bei der Beschaffung dann vor der Herausforderung, dass der zusätzliche Umweltnutzen von Grünstrom sich nur schwer quantifizieren lässt und vielfach auch gar nicht vorhanden ist (Irrek und Seifried 2008; Zeiss et al. 2015). Zur Gewissheit müsste der Nachweis erbracht werden, dass der Kauf von

Öko-Stromprodukten tatsächlich zum Bau neuer Anlagen führt, die trotz des vorhandenen Ordnungsrahmens (insbesondere des Erneuerbare-Energien-Gesetzes) und der bestehenden ökonomischen Rahmenbedingungen sonst nicht errichtet worden wären. Insgesamt besteht bei der Bewertung von Ökostrom die Gefahr, dass ein Glaubwürdigkeitsrisiko eingegangen wird, welches hinsichtlich des Images sogar negative Folgen haben kann. Warum das so ist, wird folgend erläutert.

Der Effekt von sogenannten Ökostrombezug liegt vor allem darin, dass Ökostromkunden zwar „auf dem Papier“ einen höheren Anteil regenerativen und atomstrom-freien Strom beziehen, sich aber im selben Umfang der Strommix der „Egalstromkunden“ verschlechtert. So kommt es, dass beispielsweise ein Energieversorger für seine Kunden Wasserkraftstrom aus Norwegen kauft, während die Stromkunden rund um das norwegische Wasserkraftwerk mit Braunkohlestrom aus Deutschland versorgt werden, ohne dass ihnen dieser Umstand bekannt oder bewusst ist. Norwegen produziert 98 % seines Stroms aus Wasserkraft und zählt gleichzeitig zu den größten Exporteuren von HKN (=Herkunftsnachweisen für „Ökostrom“). Doch in der innernorwegischen Stromkennzeichnung stammen (Stand 2014) nur noch 36 % des Stroms aus Wasserkraft. Der große Rest wird weitgehend bilanziell (über den europäischen Residualmix) aus fossilen (50 %) oder nuklearen Quellen (26 %) importiert (Maaß et al. 2019). Der norwegische Verbrauchsmix ist also theoretisch mit den entsprechenden Werten nuklearer Abfälle und CO<sub>2</sub>-Emissionen belastet, auch, wenn das Land praktisch keine entsprechenden Kraftwerke betreibt und per Saldo ist für den Klimaschutz nichts gewonnen. Mit anderen Worten: Der Nettoeffekt für das Klima ist Null.

Aus diesem Zusammenhang ergibt sich folgendes Dilemma: Es ist zwar sinnvoll, dass bestimmte Kriterien und damit konkrete Anforderungen an die Beschaffung von Strom geknüpft werden, doch führt dies nicht automatisch zu einer Verbesserung der CO<sub>2</sub>-Bilanz. Im Rahmen der Beschaffung ist es zudem eine Herausforderung, die ausgeschriebenen Kriterien im Einzelfall zu prüfen. Da „Ökostrom“ eben kein geschützter Begriff ist, kann er mehr oder weniger beliebig zur Bezeichnung eines Stromprodukts verwendet werden. In der öffentlichen Diskussion und in der Umgangssprache wird „Ökostrom“ als elektrische Energie verstanden, die über eine klima- und umweltschonende Weise gewonnen wird. „Ökostrom“ grenzt sich ab von konventioneller Stromerzeugung aus fossilen oder atomaren, also nicht regenerativen Energiequellen, die keinen ökologischen Mehrwert aufweisen (Hauser et al. 2019). Er unterscheidet sich in seinen physikalischen Eigenschaften nicht von konventionellem Strom. Der Unterschied wird vielmehr durch ein Geschäftsmodell der anbietenden Unternehmen deutlich, welche mit ihrem Tarifmodell ein Versprechen zur Förderung von Investitionen in regenerative Technik verbinden. Der wesentliche Nutzen eines Ökostromtarifs besteht nicht in der unmittelbaren Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, sondern in der Förderung des Ausbaus erneuerbarer Energien.

In Deutschland werden derzeit etwa 250 TWh über erneuerbare Energiequellen erzeugt (rund 45 % der gesamten Stromproduktion). Bei den meisten Ökostromprodukten geht es daher darum, einen Beleg für die ökologische Herkunft der fehlenden 55 % zu dokumentieren und einen Nutzen dadurch zu erreichen, dass zusätzlich erneuerbare Energien ausgebaut werden. Insgesamt ist, verglichen mit den 250 TWh,

die über das EEG gefördert werden, der Markt für Ökostromprodukte in Deutschland deutlich kleiner: Die nachgewiesene Herkunft von Strom aus erneuerbaren Energiequellen, die in Deutschland im Rahmen von Ökostromprodukten vermarktet werden, belief sich im Jahr 2016 auf lediglich gut 13 TWh, ermittelt auf der Basis der verwendeten Herkunftsnachweise (Hauser et al. 2019). Auf absehbare Zeit ist auch nicht damit zu rechnen, dass es hinsichtlich des Angebots von „Ökostrom“ zu einer Knappheit kommen wird, die einen Ausbau anregen würde. Denn das handelbare Marktvolumen übersteigt deutlich die Nachfrage.

Mit der Anrechnung von Ökostromprodukten in der CO<sub>2</sub>-Bilanz lassen sich leicht Fortschritte bei den Klimaschutzanstrengungen darstellen, ohne dass sich fürs Klima etwas ändert. Noch schlimmer allerdings, wenn dadurch andere, wirksame Maßnahmen unterbleiben oder die falschen Investitionsentscheidungen getroffen werden. Dies soll an folgendem fiktivem Beispiel verständlich erklärt und dargestellt werden, bei dem an einem konkreten Vergleich zweier kleiner Gebietskörperschaften die Gefahr falscher Maßnahmen verdeutlicht wird:

Das Städtische Krankenhaus in Wasserstadt hat 350 Betten. Die Gebäude wurden in den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts errichtet und an der Gebäudehülle wurden bislang nur kosmetische Verschönerungsarbeiten geleistet. Der Wärmebedarf wird durch Nachtstromspeicherheizungen sichergestellt. Ein alter Diesel-Schiffsmotor dient als Notstromaggregat. Der spezifische Raumwärmebedarf liegt daher bei rund 300 kWh pro Quadratmeter und Jahr.

Auch die Sonnenstadt hat ein baugleiches Krankenhaus, das seinerzeit vom selben Architekten geplant wurde. Vor wenigen Jahren wurde eine moderne Holzpellettheizanlage installiert. Die Gebäudehülle wurde zudem umfangreich saniert. So konnte der spezifische Heizwärmebedarf von vormals rund 300 kWh auf 50 kWh pro Quadratmeter und Jahr deutlich reduziert werden.

Beide Krankenhäuser haben einen gleich hohen Stromverbrauch und entschließen sich zum Wechsel zu einem Ökostromanbieter. Wird der Ökostrom nun mit null Emissionen angesetzt, erscheinen die Minderungserfolge des Krankenhauses in Wasserstadt deutlich höher als die in Sonnenstadt, das bereits auf einem deutlich niedrigeren Niveau lag.

Für diesen fiktiven Fall sollte daher sichergestellt sein, dass der Bezug von Ökostrom nicht dazu führt, dass das Krankenhaus Wasserstadt in der CO<sub>2</sub>-Bilanz besser abschneidet als das Haus in Sonnenstadt. Es zeigt, dass Ökostrom auf keinen Fall einfach mit dem CO<sub>2</sub>-Faktor Null bewertet werden darf und zur Bilanzierung Vorüberlegungen notwendiger Weise getroffen werden müssen, damit nicht aus Klimaschutzgründen Fehlentscheidungen getroffen werden.

Sofern für Ökostrom ein Zuschlag gezahlt werden muss, stellt sich zudem immer die Frage, ob dieses Geld an anderer Stelle einen größeren Klimaschutzeffekt erzielen könnte. Dies kann man an einem realen Beispiel gut deutlich machen. Die Stadt Wuppertal muss laut einer städtischen Drucksache (VO/1103/19) jährlich Mehrkosten für die Beschaffung von 38 Mio. kWh Ökostrom in Höhe von 300.000 Euro einplanen (Stadt Wuppertal 2019). Für diese Summe könnte die Stadt auch alle zwei

Wochen eine neue PV-Anlage mit einer installierten Leistung von 10 kW im öffentlichen Raum errichten und dadurch mittelfristig sogar nicht nur Kosten sparen, sondern auch einen weithin sichtbaren Beitrag zum Klimaschutz leisten.

### 2.1.5 Entwicklung und Umsetzung smarterer Lösungen

Die Entwicklung und Umsetzung so genannter „smarter“, das heißt intelligenter Lösungen, ist von zunehmender strategischer Bedeutung für die Energiewende. Intelligenter bedeutet in diesem Fall, dass Lösungen entwickelt werden, die einen Beitrag dazu leisten, dass der Bedarf an das Angebot angepasst werden kann. Das Ziel smarterer Lösungen ist demnach, dass fossile Kraftwerke möglichst selten laufen müssen und dadurch der Deckungsbeitrag erneuerbarer Energien bei der Stromversorgung steigt. Dazu bieten sich in Krankenhäusern mehrere gute Möglichkeiten an. Durch Notstromaggregate, steuerbare Lasten (Kühlung) und den Betrieb von BHKWs, können Krankenhäuser einen Energiewendebeitrag leisten. Denn wenn sie ihre Erzeugungskapazitäten und Verbrauchslasten am Angebot der erneuerbaren Energien im Stromnetz orientieren, führt die zu einem netzdienlichen Betrieb. Es könnte beispielsweise stundenweise in Zeiten, in denen wenig Solar- und Windstrom im Netz ist, das Notstromaggregat laufen, um kurzzeitig Bedarfsspitzen abzudecken. Da die Notstromversorgung ohnehin gelegentlich hinsichtlich ihrer Funktionsweise überprüft werden muss, kann der stundenweise Betrieb auch in Abstimmung mit dem Netzbetreiber so erfolgen, dass er netzdienlich ist. Es könnten auch steuerbare Lasten, wie sie beispielsweise in Kühlräumen vorzufinden sind, zu Zeiten, in denen besonders viel erneuerbare Energien ins Stromnetz einspeisen, etwas stärker laufen als eigentlich erforderlich. So kann beispielsweise ein Kühlraum durch Lastmanagement positive Regelenenergie bereitstellen und etwa zu Zeiten, in denen besonders viel erneuerbare Energien ins Stromnetz einspeisen, ein wenig stärker runterkühlen, als die erforderlich wäre, um beispielsweise abends, wo weniger Solarstrom im Netz ist, weniger Strom zu brauchen. Regelbare Lasten werden auch als Systemdienstleistungen bezeichnet, die im Zuge des weiteren Ausbaus erneuerbarer Energien an Bedeutung gewinnen (Langrock et al. 2015). Durch digitale Lösungen können Krankenhäuser quasi virtuelle Kraftwerke werden, die durch den Zusammenschluss von dezentralen Einheiten im Stromnetz über ein gemeinsames Leitsystem so koordiniert werden, dass sie netzdienlich sind und eine möglichst optimale Nutzung erneuerbarer Energien ermöglichen.

Zur Umsetzung dieser Maßnahme ist es sinnvoll und erforderlich, dass der Kontakt zum örtlichen Verteilnetzbetreiber, beispielsweise dem Stadtwerk, gesucht wird. Der örtliche Verteilnetzbetreiber bietet gegebenenfalls besondere Dienstleistungen an, mit denen die vorhandenen Möglichkeiten erschlossen werden können und er hat gegebenenfalls auch einen besonderen Tarif, mit dem netzdienliches Verhalten finanziell belohnt wird (WSW o. J.)

Welche Maßnahmen konkret sinnvoll und wirtschaftlich sind, hängt sehr stark von den jeweiligen Bedingungen ab und auch von den möglichen Dienstleistungen, die durch den örtlichen Verteilnetzbetreiber angeboten werden. Entsprechend kann keine generelle Aussage hinsichtlich der erforderlichen Investitionen getätigt werden.

Auch wenn eine solche Maßnahme nicht mit direkten CO<sub>2</sub>-Einsparungen verbunden ist, so ist doch der netzdienliche Betrieb ein wesentlicher Beitrag zum Gelingen der Energiewende. Erfahrungen aus der Praxis belegen zudem, dass es wichtig ist, Energieverbräuche in möglichst großer Auflösung und in Echtzeit zu überwachen und zu steuern (Binder et al. 2021).

## 2.2 Gebäudeenergie

Bis 2030 sollen die Emissionen von Gebäuden laut Klimaschutzgesetz 2021 der Bundesregierung um 68 % gegenüber 1990 sinken. Dies entspricht einer maximalen Menge von 67 Mio. t CO<sub>2</sub>eq, die der Gebäudesektor im Jahr 2030 noch emittieren darf. Es bedeutet nahezu eine Halbierung der Treibhausgas (THG)-Emissionen gegenüber 2020. Bis 2045 wird zudem, wie in allen Sektoren, Netto-THG-Neutralität angestrebt.

Mit ihrem Koalitionsvertrag hat die neue Bundesregierung ein zusätzliches Ziel für den Gebäudesektor beschlossen: Bis 2030 soll 50 % der Wärme klimaneutral erzeugt werden. Dies deutet ebenso auf ein angestrebtes massives Umsteuern der Wärmeversorgung hin wie die Vorgabe, dass jede neue ab dem 1. Januar 2025 eingebaute Heizung auf der Basis von 65 % erneuerbarer Energien betrieben werden muss. Für das Erreichen von THG-Neutralität 2035 kann dies maximal ein Zwischenschritt sein. Es müsste zudem durch eine Erhöhung der energetischen Gebäudesanierungsrate deutlich über zwei Prozent pro Jahr hinaus saniert werden.

Die „Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch“ (ASUE) ermittelte unter anderem folgende Möglichkeiten, um Energiesparpotenziale in Krankenhäusern zu erschließen (Brockmann et al. 2010):

- Die haustechnischen Anlagen in Krankenhäusern sind oft technisch veraltet oder nicht optimal eingestellt. Effizientere und gut geregelte Anlagen können höhere Wirkungs- und Nutzungsgrade erreichen und die Verluste verringern.
- Die komplexe Struktur zur Energieversorgung ist in den meisten Krankenhäusern im Lauf der Jahre „mitgewachsen“ – ohne ein integriertes Konzept für eine effiziente Energieversorgung.
- Anlagen zur Wärmeerzeugung in Kliniken sind oft überdimensioniert und führen zu geringen Nutzungsgraden und hohen Bereitstellungsverlusten.
- Den Kälteverbrauch, etwa in Klimaanlage oder Kühlräumen decken meist elektrisch betriebene Kompressionskältemaschinen, die sich durch einen hohen Stromverbrauch auszeichnen und oft noch mit besonders klimaschädlichen FCKW-haltigen Kältemitteln arbeiten.

So zeigen detaillierte Untersuchungen, dass in vielen Krankenhäusern der Wärme- und Stromverbrauch deutlich gesenkt sowie die damit verbundenen Energiekosten um 30 bis 40 % reduziert werden können (Brockmann et al. 2010; Tippkötter und Schüwer 2003; Tippkötter und Wallschlag 2010). Erfahrungen aus der Praxis belegen zudem, dass in vielen Fällen die technischen Voraussetzungen für die Einführung eines Energiemanagementsystems nicht gegeben sind.

Ganz aktuell zeigt sich zudem eine Zuspitzung der Energieversorgungssicherheits- und Energiepreiskrise. Aufgrund des Krieges in der Ukraine und weitergehende Klimaschutzdefiziten der Vergangenheit besteht im Bereich der Gebäudeenergieversorgung ganz allgemein ein hoher Handlungsbedarf. In Krankenhäusern hängt dieser zudem sehr eng mit dem Aspekt der Versorgungssicherheit zusammen. Eine effiziente, auf heimische und erneuerbare Energien basierende Strom- und Wärmeversorgung von Krankenhäusern ist somit nicht nur aus Gründen des Klimaschutzes von großer Bedeutung.

### 2.2.1 Wärmeeffizienz

Die energetische Sanierung der Krankenhäuser bedarf einer erheblichen Anstrengung. Ziel ist es, dass jährlich etwa 4 bis 5 % der Gebäudeflächen auf einen hohen wärmetechnischen Standard gebracht werden.

Die Finanzierung von Krankenhäusern erfolgt in Deutschland nach dem Prinzip der "dualen Finanzierung". Demnach werden die Betriebskosten von den Krankenkassen finanziert, die Investitionskosten hingegen durch die Bundesländer. Die Investitionsmaßnahmen in die energetische Sanierung müssten erheblich vergrößert werden. Da durch die duale Finanzierung im Gesundheitssystem eine Entkopplung der Investitionskosten von den laufenden Betriebskosten stattfindet, gibt es unter dem aktuellen Ordnungsrahmen kaum Spielräume, ohne Fördermittel höhere Investitionen zu tätigen, die aber Voraussetzung für eine langfristig verbesserte Wirtschaftlichkeit wären (Binder et al. 2021). Entsprechend ist es wichtig, dass Krankenhäuser durch Fördermittel in die Lage versetzt werden, Investitionsmaßnahmen umsetzen zu können.

Vor dem Hintergrund der ambitionierten Klimaschutzziele ist es nun erforderlich, dass neben Änderungen der Rahmenbedingungen auch ein spezielles Programm zur energetischen Sanierung aufgelegt wird. Dieses Förderprogramm könnte verschiedene Maßnahmen zur Reduzierung des Wärmebedarfs in Krankenhäusern finanziell unterstützen. Als Fördervoraussetzung könnte eine prognostizierte CO<sub>2</sub>-Einsparung pro eingesetzten Fördereuro angenommen werden. Eine hohe Fördereffizienz könnte beispielsweise dadurch gewährleistet werden, dass sich die Reihenfolge der Förderbewilligungen an der Höhe der jährlichen CO<sub>2</sub>-Einsparungen pro beantragten Euro Förderung orientiert.

Maßnahmen der Wärmedämmung, der Umstellung auf erneuerbare Energieträger sowie der Anschluss / Aufbau von örtlichen Wärmenetzen sollten hier förderfähig sein. Dazu sollten für Krankenhäuser spezielle Sanierungsfahrpläne erstellt werden, die einen Beitrag zum Ziel der Klimaneutralität leisten. Neben den Heizungsanlagen und der Gebäudehülle sollten auch Möglichkeiten der Nutzung von Abwärmepotenzialen, Maßnahmen einer besseren Hydraulik sowie die Einführung von Energiemanagement und Energiesparmaßnahmen im Betrieb durch spezielle Schulungen für haustechnisches Personal (Hausmeister\*innen) förderfähig sein. Bei Neubaumaßnahmen sollten starke ordnungsrechtliche Vorgaben dazu führen, dass Effizienzstandards im Neubau zur Realisierung eines Passivhausstandards (oder besser) führen.

Im Mittel verbrauchten Krankenhäuser laut Energieagentur NRW im Jahr 2008 357 kWh pro Quadratmeter an bzw. rund 25.000 kWh pro Bett an Wärme (Tippkötter und Wallschlag 2010). Neuere Daten geben einen Energieverbrauchskennwerte von

324 kWh pro Quadratmeter und Jahr an (Blum et al. 2014; Hagemeyer 2018). Es ist anzunehmen, dass der Energieverbrauchskennwert aufgrund in der Zwischenzeit erfolgter Sanierungen weiter leicht gesunken ist. Grob kann man ihn auf durchschnittlich 300 kWh pro Quadratmeter und Jahr gut abschätzen. Dadurch, dass Krankenhäuser meist redundante Wärmeversorgungs-systeme betreiben, um eine hohe Versorgungssicherheit zu gewährleisten, kommen oftmals auch mehrere Energieträger zum Einsatz. Nah- und Fernwärme werden bei 58,8 % der Häuser genutzt, Heizöl bei 50 % und Erdgas bei 87,9 % (Blum et al. 2014). Unter der Annahme, dass alle verfügbaren Energieträger anteilig wie die Gesamtheit eingesetzt werden, ergibt sich, dass der Anteil der Wärmeenergieträger in etwa wie folgt verteilt ist: 25 % Heizöl, 30 % Erdgas und 45 % Nah-/Fernwärme. Nimmt man für die Energieträger spezifische Emissionen von 0,32 kg CO<sub>2</sub>/kWh für Heizöl, 0,252 kg CO<sub>2</sub>/kWh für Erdgas und 0,26 kg CO<sub>2</sub>/kWh für Nah- und Fernwärme an, so ergibt sich ein gemischter Emissionsfaktor von 0,27 kg CO<sub>2</sub>/kWh. Es ergeben sich somit rund 81 kg CO<sub>2</sub> Emissionen pro Quadratmeter und Jahr für den Wärmeverbrauch.

Die Kosten für eine Wärmeeffizienzoffensive lassen sich nur sehr grob abschätzen. Sie hängen von vielen Detailspekten ab, die in jedem Haus anders beurteilt werden müssen. So kommt es beispielsweise darauf an, ob das Gebäude unter Denkmalschutz steht, ob eine Fernwärmeversorgung in der Nähe ist und auch der aktuelle technische Zustand der Heizungsanlage kann sehr unterschiedlich sein. Insgesamt lassen die hohen spezifischen Wärmeverbrauchskennwerte der Krankenhäuser aber darauf schließen, dass erhebliche Einsparpotenziale vorhanden sind. Für die energetische Sanierung fallen dann je nach örtlicher Gegebenheit (etwa Auflagen des Denkmalschutzes, Art des Kubus, eingesetzter Materialien usw.) unterschiedlich hohe Kosten für Maßnahmen an. Eine Dachdämmung kostet je nach Dämmvariante, Dachform usw. zwischen 100 und 180 €/m<sup>2</sup>. Eine Fassadendämmung je nach Dämmvariante zwischen 30 und 200 €/m<sup>2</sup>. Eine Dachbodendämmung liegt zwischen 25 und 55 €/m<sup>2</sup>, eine Kellerdeckendämmung zwischen 18 und 30 €/m<sup>2</sup> und ein Fenster je nach Verglasung, Größe und Rahmenmaterial zwischen 500 und 800 Euro je Fenster (Deutsche Auftragsagentur GmbH o. J.). Zu Bedenken ist bei diesen Angaben, dass gerade in den letzten zwei Jahren erhebliche Baukostensteigerungen stattgefunden haben. Es sind aber nicht nur die Bau- und Materialkosten entscheidend. Auch der Zustand des Gebäudes, die gewählte Art und Stärke der Dämmung, die Preise der örtlichen Handwerksbetriebe, Planung sowie ggf. Genehmigungen und das Auftragsvolumen haben Einfluss auf die Kosten. Zudem muss bedacht werden, dass es logistisch und organisatorisch hohem Aufwand bedeutet sowie zu Erlösausfällen einer Sanierung im Betrieb kommen kann.

Im Durchschnitt kann man daher grob annehmen, dass durch eine Investition von 500 €/m<sup>2</sup> etwa die Hälfte der genutzten Wärmeenergie eingespart werden kann (Vergleiche.de Gesellschaft für Verbraucherinformation mbH o. J.), wobei die energiebedingten Mehrkosten im Durchschnitt rund 35 % der kompletten Sanierungskosten ausmachen (co2online o. J.).

Zur Finanzierung ist es auch möglich, Contractingangebote einzuholen. In diesen Fällen wird die Investition durch einen Dritten getätigt und kann wesentlich durch

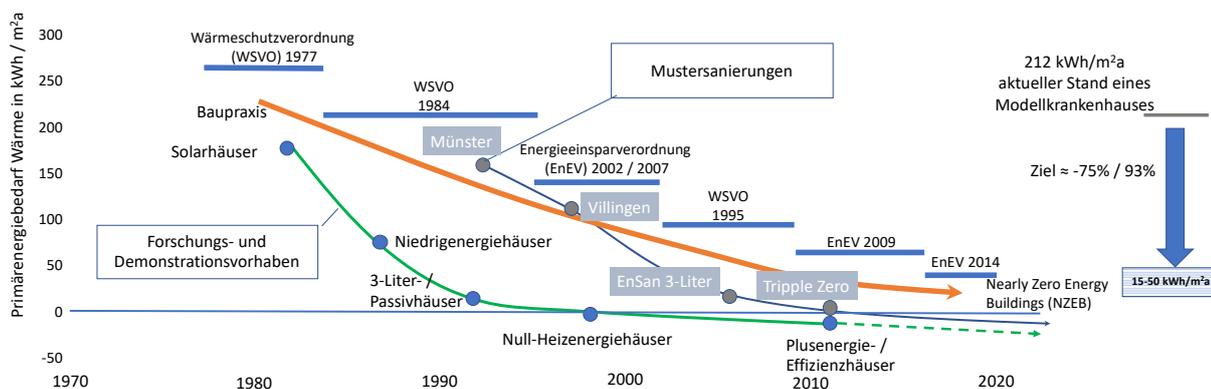
die erzielten und vertraglich vereinbarten Energiekosteneinsparungen getragen werden. Im Idealfall profitieren Nutzer und Investor von der realisierten Energiekosteneinsparung.

Positive Begleiteffekte einer Wärmedämmstrategie zeigen sich vor allem hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes. Wärmeschutz spart nicht nur Wärmeverluste im Winter, sondern auch Kühllast im Sommer. Vor allem in Bereichen, in denen keine Klimatisierung vorhanden ist (in vielen Patientenzimmern), wird somit ein erheblicher Komfortgewinn zu erwarten sein. Im Zusammenhang mit zu erwartenden Folgen des Klimawandels, sind Wärmeschutzmaßnahmen daher auch eine sinnvolle Maßnahme zur Klimaanpassung. Klimafolgenanpassung gemeinsam mit den Klimaschutzmaßnahmen zu denken, ist daher besonders sinnvoll und kann zudem Synergieeffekte ergeben. Durch die zu erwartenden Energiekosteneinsparungen entstehen volkswirtschaftlich eine Reihe positiver Effekte. Die Investitionen lösen Arbeitplatzeffekte aus. Vor allem reduziert sich die Verletzbarkeit durch steigende Energiepreise. Insbesondere die stark gestiegenen Gaspreise der letzten Monate machen deutlich, dass durch eine Steigerung der Energieeffizienz eine größere Unabhängigkeit von volatilen Beschaffungsmärkten erreicht werden kann.

Ganz allgemein kann man sagen, dass die größte Wirkung von Maßnahmen zu erwarten ist, die unmittelbar vom Krankenhaus selbst ergriffen werden, was einen direkten Einfluss erforderlich macht. Maßnahmen aus Scope 1 sind daher besonders geeignet, um eine messbare Wirkung in Richtung Klimaneutralität zu erreichen. Die unmittelbar im Krankenhausbetrieb entstehenden Emissionen betreffen vor allem die mit fossilen Energieträgern betriebenen Heizzentralen, den Krankenhauseigenen Fuhrpark und die Narkosegase. Innerhalb von Scope 1 ist der durch Heizzentralen gedeckte thermische Energiebedarf die Position, mit den weitaus größten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Legt man die Parameter (40.000 m<sup>2</sup> beheizte Fläche, 25.000 kWh Wärmebedarf pro Bett) des Modellkrankenhauses für NRW (siehe Gutachten Augurzky und Lueke 2022) zugrunde, so hat es einen thermischen Jahresenergiebedarf von rund 8,5 Mio. kWh. Die Höhe der dadurch verursachten Treibhausgasemissionen hängt vom eingesetzten Energieträger ab. Wird Erdgas eingesetzt, entstehen bei einem typischen Emissionsfaktor von 0,252 Kilogramm CO<sub>2</sub> pro kWh Emissionen in Höhe von rund 2.140 Tonnen CO<sub>2</sub> im Jahr. Wird stattdessen Heizöl verbrannt, sind es wegen der höheren spezifischen Emissionen in Höhe von 0,320 Kilogramm CO<sub>2</sub> pro kWh sogar über 2.700 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr, die allein auf den Wärmebedarf im Krankenhaus zurückzuführen sind. Wärmeenergie zu reduzieren, hat daher höchste Priorität und entspricht dem Grundsatz der Bundesregierung, welche die Strategie „Efficiency First“ verfolgt, die bereits 2014 mit dem Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz (NAPE) in den Fokus gerückt wurde. „Efficiency First“ besagt, dass möglichst viel Nutzen aus Energie gezogen werden soll, was einen Vorrang für Energieeffizienz bedeutet. Die bestehenden Effizienzpotenziale sollen besser ausgeschöpft und damit der Energiebedarf deutlich gesenkt werden, wodurch die vorhandenen Kapazitäten erneuerbarer Energien besser ausgeschöpft werden können. Die drei Elemente Efficiency First (1), direkte Nutzung der Erneuerbaren (2) und Sektorkopplung (3),

machen den Dreiklang der nationalen Energiewende aus<sup>1</sup>. Bezogen auf das gasversorgte Modellkrankenhaus bedeutet die Strategie Efficiency First, dass die aufgrund des thermischen Energiebedarfs sich ergebenden Emissionen von jährlich 2.140 Tonnen CO<sub>2</sub> auf 504 Tonnen CO<sub>2</sub> (bei Realisierung des EnEV 2014-Standards im Bestand = - 76,5 %) bzw. auf 302 Tonnen CO<sub>2</sub> (bei Realisierung des EnSan-3-Liter-Ziels = - 85,9 %) zurückgehen würden. Wenn nach einer umfassenden energetischen Sanierung auf einen anderen, klimafreundlicheren Energieträger umgestellt wird, entspricht dies nicht nur den strategischen Grundsätzen von Efficiency First, sondern erleichtert auch die vollständige Dekarbonisierung des thermischen Energiebedarfs in einem Krankenhaus. Die auf erneuerbaren Energieträgern basierende Heizzentrale kann deutlich kleiner und damit kostengünstiger realisiert werden und die erforderlichen Mengen erneuerbarer Energieträger (etwa Biogas, Holz oder Solarenergie) sind leichter regional zu beschaffen. Im obigen Beispiel müsste die Heizzentrale in der Lage sein, statt 8,5 nur noch rund 1,2 Millionen kWh thermischen Energiebedarf pro Jahr zu decken. Könnten dafür beispielsweise regional produzierte Holzpellets (mit 0,02 Kilogramm CO<sub>2</sub> pro kWh) genutzt werden, würden sich die Treibhausgasemissionen des thermischen Energiebedarfs im Modellkrankenhaus auf nahe Null, nämlich rund 26 Tonnen pro Jahr reduzieren. Im Modellkrankenhaus entspricht dies einer Reduzierung um etwa 98,9 %.

Dass die Realisierung des EnEV 2014-Standards beziehungsweise des Passivhausstandards (EnSan-3-Liter-Haus) ambitionierte, jedoch durchaus erreichbare Ziele sind, macht folgende Grafik deutlich, welche die Entwicklung von Effizienzstandards für Neubauten und Sanierungen, sowie erfolgreiche Mustersanierungen und Demonstrationsvorhaben zeigt.



**Abb. 2-3** Entwicklung von Effizienzstandards für Neubauten und Sanierungen, sowie erfolgreiche Mustersanierungen und Demonstrationsvorhaben, Quelle: eigene Darstellung auf Basis Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP) und Passivhausinstitut (Erhorn o. J.; Passivhaus Institut o. J.)

## 2.2.2 Stromeffizienz

In Krankenhäusern nimmt der Anteil an Strom einen wesentlichen Teil des Energieverbrauchs ein und führt zu erheblichen Treibhausgasemissionen. Strom wird für

<sup>1</sup> <https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2016/23/Meldung/direkt-erklart.html>

zahlreiche Anwendungen benötigt, wie bei der Kühlung, bei Pumpen, bei raumluftechnischen (RLT)-Anlagen, bei Aufzügen, bei Kühlschränken, bei Fernsehern, bei der Beleuchtung und natürlich auch bei medizinischen sowie den verwaltungstechnischen Geräten.

Kältetechnik spielt in Krankenhäusern eine wichtige Rolle. Klimatisierte Operationsäle, Räume mit Rechneranlagen, die Kühlung von medizinisch-technischen Geräten sowie die Kühlung von Lebensmitteln (Tippkötter und Schüwer 2003) aber auch spezielle Kühlanwendungen, wie sie in der Pathologie (Hagemeier, Anne et al. 2017) oder der Blutbank anfallen, erfordern eine unterbrechungsfreie, sichere Kühlung. Oftmals finden sich in Krankenhäusern zentrale Kälteerzeugungsanlagen, welche diese wichtige Funktion erfüllen. In diesen Fällen bietet sich als stromsparende Alternative an, Absorptionskälteanlagen statt der typischen Kompressionskältemaschinen zu verwenden. Solche Anlage können mit der Wärme aus einem Wärmenetz betrieben werden. Dies ermöglicht einen besonders wirtschaftlichen Betrieb vorhandener Wärmeinfrastruktur, da diese nicht nur in der Heizperiode, sondern auch in den Sommermonaten zur Kälteerzeugung genutzt werden kann (Tippkötter und Schüwer 2003).

In kaum einem anderen Anwendungsbereich werden so hohe Anforderungen an die Funktion raumluftechnischer Anlagen gestellt, wie in einem Krankenhausbetrieb. Keimarmut, ein niedriger Gehalt an Mikroorganismen sowie hohe Anforderungen hinsichtlich Luftfeuchte, Luftaustausch und weiterer Parameter (Tippkötter und Schüwer 2003) führen dazu, dass Lüftungsanlagen einen großen Anteil des Gesamtstromverbrauchs eines Krankenhauses ausmachen (Hagemeier, Anne et al. 2017). Zudem besteht im Lüftungsbereich aber auch ein erhebliches Potenzial, um zu einer weiteren Verbesserung der Luftqualität und zur Reduzierung des Wärmebedarfs beizutragen. So wird in vielen Patientenzimmern noch immer durch Fensterlüftung ein Luftaustausch ermöglicht, was zu hohen Wärmeverlusten führt. Dezentrale Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung würden in diesen Fällen nicht nur die Aufenthalts- und Luftqualität verbessern, sondern auch zu einer Reduzierung der Wärmeverluste beitragen.

Um die Treibhausgasemissionen zu reduzieren, sollte in Krankenhäusern systematisch die Energieeffizienz gesteigert werden und Maßnahmen zu Reduktion des Stromverbrauchs umgesetzt werden. Da die Bandbreite an energieverbrauchenden Produkten und Technologien sehr hoch ist, sollte zunächst eine Bestandsaufnahme der Anwendungen erfolgen, zum Beispiel durch Umsetzung eines Energiecontrollings oder eines Energiemanagements, ergänzt durch regelmäßige Messdaten stromverbrauchender Produkte. Dieses ist eine wesentliche Voraussetzung, um Schwachstellen zu erkennen und Potenziale zu ermitteln (Tippkötter und Schüwer 2003). Klare Verantwortlichkeiten sind hierbei erforderlich, z.B. durch Ernennung eines bzw. einer Energiebeauftragten oder eines Klimamanagements (siehe hierzu auch Kapitel 2.1.3). Krankenhäuser, die verpflichtet sind, ein Energieaudit durchzuführen, haben bereits eine Analyse der Energieverbraucher vorliegen. Jedoch ist dies noch nicht in allen Krankenhäusern der Standard. Und auch bei den Krankenhäusern, die ein Energieaudit durchführen, ist die Umsetzung der Maßnahmen bislang nicht verpflichtend.

Durch ein Energiemanagement können in einem ersten Schritt die „low hanging fruits“ identifiziert werden, also die Produkte und Technologien, die einen hohen Energieverbrauch aufweisen und sich schnell durch energieeffiziente Alternativen ersetzen lassen. Oft diese Maßnahmen auch wirtschaftlich.

Beispiele für Maßnahmen zur Steigerung der Stromeffizienz sind:

- Umstellung der ineffizienten Beleuchtung im Krankenhaus auf LED
- Austausch von alten Heizungspumpen durch Effizienzpumpen
- Erneuerung der raumluftechnischen Anlagen

In Krankenhäusern besteht eine hohe Bandbreite an Anwendungsbeispielen im Bereich der Stromeffizienz. Daher werden im Folgenden nur wesentliche Stromverbraucher näher beleuchtet werden, wobei diese Auswahl nicht bedeutet, dass andere Geräte und Anwendungen nicht auch von hoher Relevanz sind und ein hohes Einsparpotenzial aufweisen (weitere Beispiele sind u.a. hier zu finden: (BUND, KGNW, Universitätsklinikum Jena o.J.; Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft 2016; Universitätsklinikum Carl Gustav Carus 2016)).

Neben Investitionsmaßnahmen bieten auch Einstellungen an Geräten und Technologien ein erhebliches CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial, zum Beispiel durch Optimierung der Lüfterleistung und durch eine bedarfsgerechte Steuerung.

Da das Potenzial der Offensive Stromeffizienz stark von dem Status Quo und den konkreten Umsetzungsschritten (Maßnahmenpaket) abhängt, kann dieses hier nur grob abgeschätzt werden. Insgesamt wird das Potenzial bei geringinvestiven Maßnahmen auf ca. 10 % und bei kostenintensiven Maßnahmen auf ca. 40 % des Energieverbrauchs geschätzt (Hagemeier 2018; Stiftung Viamedica 2009). Ausgehend von einem durchschnittlichen Stromverbrauch von 144 kWh pro m<sup>2</sup> (Blum et al. 2014; Hagemeier 2018), wobei dieser in der Tendenz immer weiter zunimmt, können hier erhebliche Einsparungen erzielt werden. In einem ähnlichen Umfang wie das Energieeinsparpotenzial befinden sich auch das CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial. Zudem kann es durch Maßnahmen zur Stromeffizienz weitere positive Synergieeffekte geben, wie ein gesteigerter Komfort durch eine angepasste Beleuchtungssituation, geringere Luftkeime bei neuen RLT-Anlagen etc.

### 2.2.3 Erneuerbarer Energien im Wärmebereich

Der Wärmebedarf für Raumheizung, Trinkwarmwasserbereitung und zum Teil für die Dampferzeugung machen zusammen etwa 70 bis 80 % des Gesamtenergiebedarfs eines Krankenhauses aus (Hagemeier 2018). Es lohnt sich also hier besonders darauf zu achten, dass keine unnötige Energie verschwendet wird. In manchen Krankenhäusern wird Wärme auf einem besonders hohen Temperaturniveau benötigt, da Dampf in Küchen, zur Sterilisation und in Wäschereien eingesetzt wird. Hier kann man beobachten, dass seit längerer Zeit ein Outsourcing der Leistungen stattgefunden hat (Tippkötter und Schüwer 2003), wodurch diese Anwendungen weitgehend dem Scope 1 und damit einer direkten Einflussnahme entzogen werden.

In Krankenhäusern werden meist redundante Systeme zur Wärmebereitstellung genutzt. Dies ist angesichts der besonders hohen Anforderungen an die Versorgungssicherheit auch erforderlich und führt dazu, dass beispielsweise neben einem Fernwärmeanschluss noch ein Heizkessel zur Notversorgung vorhanden ist. Rund ein Drittel der Krankenhäuser setzen bereits wärmegeführte Blockheizkraftwerke (BHKWs) für die Wärmeerzeugung ein und etwa die Hälfte der Krankenhäuser beziehen Fernwärme zur Deckung ihres Wärmebedarfes, lediglich 4 % der Krankenhäuser haben eine solarthermische Anlage (Blum et al. 2014).

Potenziale zur CO<sub>2</sub>-Einsparung bestehen im Wärmebereich neben den in Abschnitt 2.2.1 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** beschriebenen Effizienzpotenzialen dadurch, dass für den verbleibenden Wärmebedarf vermehrt erneuerbare bzw. kohlenstoffarme Energieträger eingesetzt werden. Einsparpotenziale können vor allem durch eine Verbesserung der thermischen Gebäudehülle, also durch bessere Wärmedämmung der Fassaden, Dächer und Fenster erreicht werden. Zur Wärmebereitstellung kommen verschiedene Möglichkeiten infrage, die mit unterschiedlichen Auswirkungen auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen verbunden sind. Die eingesetzte Heizungstechnik und der dort eingesetzten Energieträger hängen naturgemäß sehr stark davon ab, welche Infrastrukturen vor Ort vorhanden sind. Sofern ein Nah- oder Fernwärmesystem genutzt werden kann, welches aus Abwärmeprozessen und erneuerbaren Energien gespeist wird, hat dies eine Reihe wirtschaftlicher (geringere Wartungskosten) und ökologischer (geringe spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen) Vorteile. Allerdings fallen in diesen Fällen die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Scope 2 und sind damit nicht mehr im Bereich der direkten Einflussnahme eines Hauses. Im Koalitionsvertrag der neuen Bundesregierung wurde vereinbart, dass zum 1. Januar 2025 jede neu eingebaute Heizung auf der Basis von 65 % erneuerbarer Energien betrieben werden muss (SPD, BÜNDNIS 90 / DIE GRÜNEN und FDP 2021), worunter laut einer Klarstellung des Ministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz auch der Austausch oder Ersatz von Heizungsanlagen durch neue Anlagen in Bestandsgebäuden fällt. Es ist daher erforderlich, dass die Krankenhäuser sich frühzeitig ihrer Wärmeversorgungsstrategie widmen. Denn die fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl können dann zukünftig nicht mehr eingesetzt werden.

#### 2.2.4 Erneuerbare Energien nutzen

Erneuerbare Energien können in einem Krankenhaus deutlich stärker genutzt werden als bisher. Große Potenziale bestehen vor allem durch die Nutzung der Photovoltaik zur Stromerzeugung. Zur Wärmeerzeugung können zudem Solarthermie, Geothermie, Holz und Biogas eingesetzt werden. Welcher Energieträger in welchem Umfang genutzt werden kann, hängt sehr stark mit den örtlichen Gegebenheiten zusammen. Ob die Möglichkeit der Biogasnutzung besteht, hängt beispielsweise davon ab, ob in räumlicher Nähe überhaupt entsprechende Biogasmengen in Kooperation mit der örtlichen Landwirtschaft durch ein Krankenhaus erschlossen werden können. Bei der Nutzung der Geothermie hängt dies von den geologischen Bedingungen des Standortes ab und die der Solarenergie von der Lage und Ausrichtung des Gebäudes, vor allem des Daches und der Solarstrahlung vor Ort. Vor dem Hintergrund des Krieges in der Ukraine, den damit einhergehenden Aspekten der Versorgungssicherheit und Gefahren steigender Preise, gewinnt der Aspekt einer effizienten, auf

heimische und erneuerbare Energien basierenden Strom- und Wärmeversorgung von Krankenhäusern enorm an Bedeutung.

Als ersten Handlungsschritt bietet es sich daher an, eine standortspezifische Potenzialanalyse durchzuführen bzw. zu beauftragen. Erste Hinweise findet man durch Nutzung des Energieatlas NRW im Internet (<https://www.energieatlas.nrw.de>). Insgesamt kann man von einem großen bislang noch nicht genutzten Potenzial an Photovoltaik ausgehen. Eine entsprechende Ausbauoffensive für Photovoltaik auf Dächern und an Fassaden sowie gegebenenfalls auch auf versiegelten Freiflächen (etwa Parkplätzen) wird daher für die meisten Krankenhausstandorte sinnvoll sein. Hinsichtlich der Wärmeversorgung bietet sich an, eine Überprüfung der aktuellen Wärmeversorgung vorzunehmen und entsprechende Alternativen zu prüfen. Denkbar ist im Prinzip auch, dass der Standort eines Krankenhauses von einem Energieversorgungsunternehmen dazu genutzt wird, ein neues Wärmenetz aufzubauen. Denn der Aufbau eines neuen Wärmenetzes ist sehr kapitalintensiv und erfordert zum wirtschaftlichen Betrieb, dass auch verlässlich große Mengen an Wärme abgenommen werden. Ein ganzjährig betriebenes Krankenhaus (24/7-Betrieb), welches entsprechende Mengen an Energie zur Wärme- und gegebenenfalls auch zur Absorptionskälteversorgung benötigt, kann daher aus Perspektive des Wärmenetzbetreibers ein wichtiger „Kunde“ sein, um beispielsweise eine Quartierslösung für eine klimafreundliche Wärmeversorgung zu entwickeln.

Hinsichtlich der Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärmeversorgung wird in den kommenden Jahren eine große Dynamik erfolgen. Das besagte Vorhaben der Bundesregierung zum 65 %-Anteil erneuerbarer Energien bei Heizungen, wird klassische Gas- und Ölheizungen zunehmend aus dem Markt drängen und es ist daher ratsam, schon frühzeitig alternative Wärmeversorgungskonzepte zu erstellen. Um Strom aus Holz auch in modernen Anlagen mit höherem Wirkungsgrad zu erzeugen und gleichzeitig eine sinnvolle Abwärmenutzung zu ermöglichen, gibt es derzeit zahlreiche Innovationen im Bereich von Holzgas-BHKW. Die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen ist bisher vielfach noch nicht gegeben, weil die Kosten für Anschaffung und Wartung noch sehr hoch sind. Wie schnell sich dies ändert, ist nicht absehbar. Eine Marktbeobachtung sowie Pilotversuche mit externen Contractoren können aber schon jetzt sinnvolle Handlungsschritte sein.

Da insgesamt die Erschließung erneuerbarer Energien mit einem relativ hohen Aufwand verbunden ist und klimafreundliche Versorgungslösungen ein hohes Maß an Know-how erfordern, sind Kooperationen beziehungsweise die Einbindung externer Contractoren in vielen Fällen eine gute Alternative. Denkbar sind Partnerschaften mit Energiegenossenschaften, Stadtwerken bzw. Energieversorgungsunternehmen.

Vor dem Hintergrund einer großen Bandbreite erneuerbarer Energien, die prinzipiell in einem Krankenhaus eingesetzt werden können, kann man kaum allgemeingültige Investitions- und Betriebskosten für diese Maßnahme ansetzen. Beispielhaft wird daher angenommen, dass insgesamt 3.500 Quadratmeter für eine PV-Anlage genutzt werden können, auf der eine installierte Leistung von rund 500 kW realisiert wird. Hierfür würden etwa Investitionskosten in Höhe von 600.000 Euro anfallen, inklusive Montage und Wechselrichter. Eine solche Anlage könnte je nach Standort und Ausrichtung etwa 450.000 kWh pro Jahr an Strom erzeugen. Ob die Installation eines Speichers sinnvoll ist, hängt sehr stark vom üblichen Stromverbrauch und vom

Lastgang des Krankenhauses ab. In vielen Fällen wird es kaum zu Überproduktion von Solarstrom kommen und der gesamte durch die PV-Anlage erzeugte Strom wird dann auch direkt im Krankenhaus verbraucht. Der Lastgang eines typischen Krankenhauses weist in der Spitze eine elektrische Leistungsnachfrage von rund 450 kW auf (Tippkötter und Schüwer 2003 S. 59). Entsprechend erfordert eine Beurteilung der Sinnhaftigkeit solcher Investitionen die jeweilige Einzelfallbetrachtung.

Für die Wirtschaftlichkeit ist entscheidend, dass ein möglichst hoher Anteil des erzeugten Stroms selbst vor Ort genutzt werden kann. Die Betriebskosten solcher Anlagen sind sehr gering und für Ersatzinvestitionen der Wechselrichter sollten Rücklagen von jährlich etwa 1,5 % der Gesamtkosten veranschlagt werden. Denkbar sind hier auch so genannte Pachtmodelle, die von Energiegenossenschaften und Energieversorgungsunternehmen angeboten werden.

Ob zur Wärmeversorgung Holzhackschnitzel, Erdwärme (Großwärmepumpe), Biogas- oder Holzgas-BHKW oder auch Solarthermie sinnvoll eingesetzt werden kann, hängt stark von den individuellen Verhältnissen und der bisherigen Versorgungsinfrastruktur ab. Erfolgt eine Versorgung durch einen örtlichen Wärmenetzbetreiber, hängt der spezifische Anteil erneuerbarer Energien davon ab, welche Anlagen zur Wärmeerzeugung eingesetzt werden. Bei Müllverbrennungsanlagen beträgt der biogene Anteil meist etwa 50 %.

Der CO<sub>2</sub>-Einspareffekt ergibt sich dadurch, dass konventionelle Wärme- und Stromerzeugungen verdrängt werden. Die eigene Stromerzeugung verdrängt Strom aus dem aktuellen Strommix (2020) der bei etwa 380 g CO<sub>2</sub>eq/kWh liegt.

Synergien und Begleiteffekte können sich hinsichtlich der Sicherheitsstromversorgung und in Bezug auf Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel ergeben. Gegebenenfalls ist eine große PV-Anlage auch mit einem Batteriespeicher kombinierbar, der zur Sicherheitsstromversorgung genutzt wird. Ein batteriegestütztes zentrales Stromversorgungssystem als unabhängiges Netz dient der unterbrechungsfreien Stromversorgung, um bei Stromausfall den Betrieb von elektrischen Anlagen und Einrichtungen für bestimmte Zwecke aufrecht zu erhalten. Die Sicherheitsstromversorgung ist für viele medizinische Bereiche ohnehin vorgeschrieben.

PV-Anlagen können auch an der Südfassade eines Krankenhauses installiert werden und dann zur Beschattung der Patientenzimmer beitragen. In diesen Fällen ergeben sich Synergien zu Anpassungsmaßnahmen. Beispielhaft ist dies dem Krankenhaus Mühlacker gut gelungen. Dort bietet eine 800 m<sup>2</sup> große Photovoltaikanlage an der Südfassade des Krankenhauses eine zusätzliche Beschattung der Zimmer.

Ein gutes Beispiel für eine durch örtliche Kooperation erschlossene Wärmeversorgung auf Basis von Biogas findet im sächsischen Westewitz. Ein Blockheizkraftwerk deckt dort den Grundwärmebedarf des nahen Bethanien-Krankenhauses.

So genannte Kleinverbraucher und Beleuchtung machen einen nicht unerheblichen Anteil am Gesamtstromverbrauch eines Krankenhauses aus. Im Durchschnitt sind sie für etwa 20 bis 30 % verantwortlich (Hagemeier, Anne et al. 2017). Betrachtet man die Lastkurve des Stromverbrauchs, so wird deutlich, dass dieser Verbrauchsteil einen wesentlichen Anteil an den Verbrauchsspitzen trägt und vor allem zur Mittags-

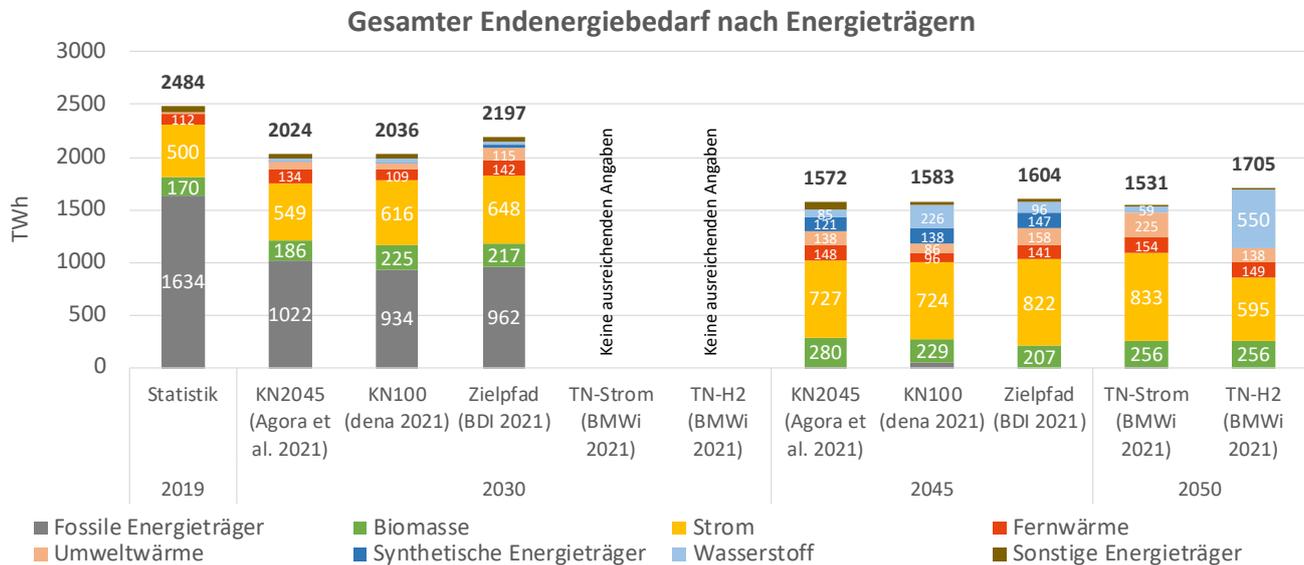
zeit besonders hoch ist (Tippkötter und Schüwer 2003). Dieser günstige Tageslastgang, dem zudem ein 24/7-Betrieb zugrunde liegt, trägt auch dazu bei, dass die Stromerzeugung durch Photovoltaikanlagen in Krankenhäusern besonders wirtschaftlich ist, weil in aller Regel von einem nahezu 100-prozentigen Eigenstromnutzungen ausgegangen werden kann. Zur Finanzierung dieser Maßnahme haben Krankenhäuser zwei Handlungsvarianten: Erstens die eigene Investition in eine Anlage oder zweitens die Nutzung eines Pachtmodells. Das Pachtmodell bietet sich an, wenn keine ausreichenden eigenen finanziellen Ressourcen zur Verfügung stehen. In diesen Fällen kann eine Energiegenossenschaft oder ein Energieunternehmen die PV-Anlage errichten, welche dann an das Krankenhaus als Betreiberin verpachtet wird.

### 2.2.5 Not(strom)versorgung und Integration eines BHKW

Eine zuverlässige, sichere Strom- und Wärmeversorgung ist für Krankenhäuser von immenser Wichtigkeit. Viele Geräte, von deren Funktion Menschenleben abhängt, sind auf eine nahezu unterbrechungsfreie Stromversorgung angewiesen. Beatmungsgeräte, Inkubatoren für Frühchen, Überwachungsgeräte und andere brauchen eine zuverlässige Stromversorgung und natürlich möchte auch niemand auf einem OP-Tisch liegen, wenn wegen Stromausfall das Licht ausgeht und die Ärzte nichts mehr sehen können. Zudem müssen Blut- und Plasmakonserven aber auch zahlreiche Medikamente, verlässlich gekühlt werden, um nicht zu verderben. Natürlich muss auch die Wärmeversorgung eines Krankenhauses ganzjährig sichergestellt sein. Um dies zu gewährleisten, verfügen Krankenhäuser über redundante Systeme die einspringen, wenn ein System ausfällt. Führen beispielsweise Tiefbauarbeiten dazu, dass versehentlich eine Stromleitung zerstört wird oder schlägt der Blitz in eine Trafostation ein, springt in Krankenhäuser eine Notstromversorgung an. Vielfach findet dieser Prozess auch in einem gekoppelten Verfahren statt und es wird gleichzeitig mit einem Blockheizkraftwerk (BHKW), Strom und Wärme erzeugt.

Gegenüber der getrennten Strom- und Wärmeerzeugung kann mit einem BHKW der Gesamtnutzungsgrad um bis zu 40 % auf 85 bis 90 % gesteigert werden. Eine erhebliche CO<sub>2</sub>-Einsparung gegenüber der klassischen Energieversorgung durch Vollstrombezug und separate Wärmeerzeugung. Eingebunden in ein stimmiges Gesamtkonzept kann ein BHKW so zentraler Bestandteil einer durchdachten Effizienzstrategie im Krankenhaus sein. Ließe man die Besonderheiten der dualen Krankenhausfinanzierung außen vor, würden sich die Investitionen durch die erzielten Einsparungen bei der Primärenergie in der Regel sinnvoll (Brockmann et al. 2010). Denn der Einsatz eines Blockheizkraftwerks wäre für die meisten Krankenhäuser eine wirtschaftliche Möglichkeit zur Strom- und Wärmeversorgung. Sofern CO<sub>2</sub>-neutrale Energieträger eingesetzt werden können, sind BHKWs auch langfristig eine sinnvolle Strategie zur Erreichung der Zielvorstellung eines klimaneutralen Krankenhauses. Denkbar sind hier beispielsweise Biogas oder synthetisches Erdgas, welches auf Basis von „grünem Wasserstoff“ erzeugt wurde. Auch Holzvergaser-BHKWs wurden in den letzten Jahren technisch weiterentwickelt und würden einen Beitrag zur Klimaneutralität leisten können. Es ist sogar denkbar, dass Pyrolysegas erzeugt und die dabei als Rest anfallende Pyrolysekohle (Pflanzenkohle) bilanziell zu einer Kohlenstoff-Senke würde (Bates 2020).

Die derzeitigen Energieszenarien weisen eine recht hohe Bandbreite möglicher Entwicklungen aus. In folgender Abbildung sind beispielhafte entsprechende Szenarien dargestellt.



**Abb. 2-4 Szenarienvergleich zum Endenergiebedarf nach Energieträgern, Quelle: (Samadi 2022)**

Insbesondere hinsichtlich der Verfügbarkeit von Wasserstoff bestehen noch große Unsicherheiten und entsprechend gibt es in dieser Frage auch zwischen den Szenarien erhebliche Unterschiede (Samadi und Lechtenböhrer 2022). Die Herausforderung wird an einem Beispiel deutlich: Allein der Stahlproduzent ThyssenKrupp würde 3000 Windkraftanlagen brauchen, um dem Wasserstoff für seine Produktion CO<sub>2</sub>-neutral gestalten zu können. Es wurden allerdings im gesamten Jahr 2020 in Nordrhein-Westfalen nicht einmal 100 neue Windräder errichtet (Bierwirth et al. 2021) und ob ein Import großer Mengen Wasserstoffs aus anderen Ländern realistisch ist, muss zumindest kurz- bis mittelfristig stark bezweifelt werden. Denn ein großskaliger Import von Wasserstoff muss aufgrund des hohen Zeitbedarfs für die Planung und Umsetzung von Erzeugungsanlagen im Ausland sowie der erforderlichen Transportinfrastrukturen als sehr unsicher angesehen werden (Samadi et al. 2021).

### 2.3 Mobilität

Das Aktionsfeld Mobilität adressiert die Verkehre, die im Rahmen der Arbeit der Krankenhäuser in Nordrhein-Westfalen entstehen. Dies sind die Beschäftigtenmobilität, das heißt die Mobilität der Beschäftigten der nordrhein-westfälischen Krankenhäuser auf dem Weg zu ihren Arbeitsplätzen, die Besucherinnen- und Besucherverkehre und die dienstliche Nutzung der Fahrzeuge der Flotten der Krankenhäuser.

Maßnahmen zur klimaschonenderen Abwicklung dieser Verkehre zielen in erster Linie darauf ab, diese zu reduzieren oder auf klimaschonendere Verkehrsträger zu verlagern. Wege, die derzeit noch mit Fahrzeugen mit konventionellen Verbrennungsmotoren zurückgelegt werden und die nur schwer oder gar nicht vermieden oder auf den Umweltverbund verlagert werden können, sollen zukünftig verstärkt mit Fahrzeugen mit kohlenstoffarmem oder kohlenstofffreiem Antrieb zurückgelegt werden.

### 2.3.1 Betriebliche Flotte

Im Fokus der Umstellung des Fuhrparks der Krankenhäuser steht die Antriebswende. Sie umfasst die Substitution von Flottenfahrzeugen mit konventionellem Verbrennungsmotor durch batterie-elektrische Fahrzeuge. Hier zielen Maßnahmen vor allem darauf ab, die konventionell betriebenen Fahrzeuge im Fuhrpark der Krankenhäuser, die von ihrem Einsatz- und Nutzungsprofil her für eine Umstellung auf Elektromobilität geeignet sind, zukünftig als batterie-elektrische Fahrzeuge zu beschaffen und die für den Einsatz dieser Fahrzeuge notwendige Ladeinfrastruktur auf den Geländen der Krankenhäuser aufzubauen.

Die Antriebswende ist eine der zentralen Strategien für ein klimaschonenderes Verkehrssystem. Das Ziel dieser Maßnahme ist es daher, für alle konventionell betriebenen Fahrzeuge im Fuhrpark der Krankenhäuser, bei denen das Anforderungs- und Nutzungsprofil eine Umstellung auf Elektromobilität ermöglicht, beim Ersatz batterie-elektrische Fahrzeuge anzuschaffen und an den Krankenhausstandorten die für mehr Elektromobilität notwendige Ladeinfrastruktur bereitzustellen. Um die konventionell angetriebenen Fahrzeuge im Fuhrpark zu identifizieren, die für die Umstellung auf Elektromobilität in Frage kommen, müssen die Nutzungs- und Einsatzprofile der Fahrzeuge im Fuhrpark erhoben werden. So kann festgestellt werden, bei welchen Fahrzeugen vor dem Hintergrund der Aufgaben, die mit diesen Fahrzeugen durchgeführt werden, ihren Nutzungszeiten und ihren Nutzungsdauern Elektromobilität eine Alternative zu konventionellen Verbrennerfahrzeugen ist. Sind Fahrzeuge im Fuhrpark für Elektromobilität geeignet, dann ist vor dem Hintergrund der Einsatzfelder und Einsatzzeiten abzuschätzen, wie viele Ladepunkte und welche Art von Ladepunkten (Wallbox, Normal-Ladesäule, Schnellladestation) erforderlich sind und welche Flächen auf dem Krankenhausgelände dafür geeignet sind. In Abstimmung damit müssen das Stromverteilsnetz und der Hausanschluss daraufhin geprüft werden, ob sie für den Aufbau der Ladeinfrastruktur vor Ort ausreichend dimensioniert sind oder ob eine Ertüchtigung notwendig ist.

Verantwortlich für die Elektrifizierung der Flotte ist in erster Linie das Fuhrparkmanagement des Krankenhauses. Seine Aufgabe ist die Identifizierung der auf Elektromobilität umzustellenden Fahrzeuge, die Sicherstellung der Wartung und die Einsatzplanung der Fahrzeuge. Ein Mobilitätsbeauftragter oder eine Mobilitätsbeauftragte kann den Prozess der Elektrifizierung der mit der Arbeit des Krankenhauses einhergehenden Mobilität unterstützen, indem beispielsweise die Elektrifizierung des Fuhrparks mit der Elektrifizierung der Beschäftigtenmobilität kombiniert wird. Dem Beschaffungswesen kommt die Aufgabe zu, die entsprechenden Fahrzeuge zu bestellen. Das Beschaffungswesen kann zudem prüfen, ob eine Kooperation bei der Fahrzeugbeschaffung mit anderen Krankenhausstandorten günstigere Konditionen für die Beschaffung und die Wartung der Fahrzeuge verhandelt werden können.

Je nach Fahrzeug (Pkw oder leichtes Nutzfahrzeug) sind die Anschaffungskosten von batterie-elektrischen Fahrzeugen im Vergleich zu Verbrennerfahrzeugen höher. Die Preisdifferenz kann dabei je nach Fahrzeug 1.000 bis 10.000 Euro betragen. Höheren Anschaffungskosten steht der derzeit noch geltende Umweltbonus der Bundesregierung (Kaufprämie) gegenüber, der in Abhängigkeit vom Anschaffungspreis bis zu 9.000 Euro betragen kann. Die Kosten für die Ladeinfrastruktur betragen je nach

Modell etwa 3.000 Euro für (Normal)Ladesäulen. Wallboxen können derzeit auch schon für weniger als 1.000 Euro beschafft und installiert werden. Höheren Anschaffungskosten der Fahrzeuge stehen im Vergleich zu Verbrennerfahrzeugen niedrigere Betriebskosten gegenüber. Die Energiekosten pro zurückgelegtem Kilometer betragen für einen Kleinwagen, der überwiegend im städtischen Raum genutzt wird, etwa 3 Cent pro zurückgelegtem Kilometer, während es bei einem konventionellen Verbrennerfahrzeug rund 9 Cent sind (Öko Institut o. J.). Für geringere Betriebskosten von Elektrofahrzeugen sprechen zudem geringere Wartungskosten. Diese sind darauf zurückzuführen, dass ein Elektromotor deutlich weniger verschleiß- und somit schadensanfällige Bauteile enthält als ein Verbrennungsmotor (ENBW 2022).

Ein batterie-elektrischer Pkw emittiert je Fahrzeugkilometer derzeit rund 80 Gramm CO<sub>2</sub>, ein benzinbetriebener Pkw hingegen rund 173 Gramm je Fahrzeugkilometer. Bei einer jährlichen Fahrleistung von 5.000 Kilometern bedeutet dies eine CO<sub>2</sub>-Einsparung des batterie-elektrischen Pkws gegenüber dem Benziner von etwa 465 Kilogramm. Ein leichtes Nutzfahrzeug verbraucht im Durchschnitt etwa 0,32 kW/h Strom je Fahrzeugkilometer (Modellregionen Elektromobilität 2016). Dies entspricht den aktuellen Emissionsfaktor für Strom zu Grunde gelegt CO<sub>2</sub>-Emissionen von 126 Gramm je Fahrzeugkilometer. Ein dieselbetriebenes leichtes Nutzfahrzeug hingegen emittiert je zurückgelegtem Fahrzeugkilometer im Durchschnitt etwa 311 Gramm CO<sub>2</sub>. Bei einer jährlichen Fahrleistung von 5.000 Kilometern bedeutet dies eine CO<sub>2</sub>-Einsparung eines batterie-elektrischen Nutzfahrzeugs gegenüber einem Dieselfahrzeug von etwa 925 Kilogramm.

Synergie- und positive Begleiteffekte können sich aus der Elektrifizierung weiterer Verkehre ergeben. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn eine Mehrfachnutzung der Ladeinfrastruktur des Fuhrparks durch die Fahrzeuge von Krankenhausbeschäftigten, Besucherinnen und Besuchern baulich, tariflich und organisatorisch möglich ist. Neben weniger verkehrsbedingtem CO<sub>2</sub> bewirkt die Elektrifizierung der Flotte zudem eine Minderung von Luftschadstoffen und Lärm. Lärmarme Fahrzeuge sind gerade für den Einsatz rund um Krankenhäuser relevant.

### 2.3.2 Mobilität der Beschäftigten

In den nordrhein-westfälischen Krankenhäusern arbeiteten Ende 2019 etwa 276.000 Menschen (IT NRW 2022). Ihre Fahrten vom Wohn- zum Arbeitsort erzeugten schätzungsweise fast 254.000 Tonnen CO<sub>2</sub>. Für rund 70 % dieser Arbeitswege nutzen die Beschäftigten dabei das Auto, 13 % der Wege wurden mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegt, 9 % mit dem Fahrrad und 8 % zu Fuß (Bezirksregierung Düsseldorf o. J.). Die hohe Bedeutung des Pkws im Beschäftigtenverkehr zeigt sich auch am Anteil des Autos an den im Beschäftigtenverkehr verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Etwa 232.000 der 254.000 Tonnen CO<sub>2</sub> entfallen auf das Auto, die restlichen 22.000 Tonnen werden durch öffentliche Verkehrsmittel verursacht, die dabei weniger als die Hälfte der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro zurückgelegtem Personenkilometer erzeugen als das Auto.

Klimaschutzmaßnahmen im Handlungsfeld Beschäftigtenverkehr haben somit in erster Linie die Verlagerung von Pkw-Fahrten auf den aus öffentlichen Verkehrsmitteln, dem Fahrrad und dem Zufußgehen bestehenden Umweltverbund zum Ziel. Da-

für werden zum einen Maßnahmen empfohlen, welche die Nutzung des Umweltverbundes erleichtern und ihn attraktiver machen (Pull-Maßnahmen). Parallel dazu sollten Maßnahmen umgesetzt werden, welche die Nutzung des Autos unattraktiv machen (Push-Maßnahmen).

Das Ziel dieser Maßnahme ist die Verlagerung von Pkw-Fahrten im Beschäftigtenverkehr auf den Umweltverbund. Zudem sollen die Pkw-Wege, die sich nur schwer oder gar nicht verlagern lassen, mit weniger CO<sub>2</sub> je Kilometer zurückgelegt werden. Daher werden für die Beschäftigten a) die Nutzungsbedingungen für Alternativen zum Auto verbessert und b) der Umstieg auf Elektromobilität unterstützt.

Durch die aus Landesmitteln finanzierte Schaffung einer Stelle für betriebliches Mobilitätsmanagement / Mobilitätsberatung können sämtliche Prozesse und Aktivitäten zur klimaschonenderen Mobilität koordiniert und inhaltlich miteinander verknüpft werden. Die Erhebung des Status Quo der Beschäftigtenmobilität hinsichtlich der auf dem Weg zum Arbeitsplatz zurückgelegten Distanzen, der Fahrtenhäufigkeiten und der genutzten Verkehrsmittel liefert die notwendige Daten- und Wissensgrundlage für die Identifizierung und Implementierung von Maßnahmen, ebenso eine Analyse der Stärken und Schwächen, welche die genutzten Verkehrsmittel im Beschäftigtenverkehr haben. Die Abstimmung mit der Kommune kann die Verbesserung der Erreichbarkeit des Standortes für den Umweltverbund bewirken.

Zentraler Baustein dieser Maßnahme ist die Bereitstellung von komfortablen, barrierefreien, witterungs- und diebstahlgeschützte Fahrradabstellanlagen auf dem Krankenhausgelände, wobei die hierfür notwendigen Flächen durch die Umwidmung von Pkw-Stellplätzen gewonnen werden. Parallel dazu erfolgt die Einführung beziehungsweise Ausweitung der Bewirtschaftung der verbliebenen Beschäftigtenparkplätze auf dem Krankenhausgelände. Um die Fahrten der Beschäftigten, für die der Umweltverbund auf dem Weg zum Arbeitsplatz keine Alternative zum Pkw darstellt, effizienter, das heißt mit weniger CO<sub>2</sub> je Kilometer zu erbringen, können die verbliebenen Beschäftigtenparkplätzen mit Ladesäulen für Elektromobilität ausgestattet werden. So kann die Kaufentscheidung der Beschäftigten bei einer Neuanschaffung eines Fahrzeugs hin zur Elektromobilität gelenkt werden. Auch nach Antriebsart gestaffelte Tarife für die Nutzung der Beschäftigtenparkplätze können zur Lenkung der Kaufentscheidung eingeführt werden. Flankierende Kommunikations- und Öffentlichkeitsarbeit sensibilisiert die Krankenhausbeschäftigten für die Belange klimaschonender Mobilität und trägt so zur Akzeptanz der Maßnahmen bei. Da die Erreichbarkeit ein wichtiger (weicher) Faktor im Wettbewerb um Personal einer Klinik sein kann, ist es anzuraten diesen Weg gemeinsam und einheitlich zu gehen.

Eine klimaschonendere Beschäftigtenmobilität fällt in die Zuständigkeit verschiedener Akteurinnen und Akteure. Die Kommune ist zuständig für die Verbesserung der Erreichbarkeit des Krankenhausstandortes für öffentliche Verkehrsmittel, das Fahrrad und das Zufußgehen. Ein Mobilitätsbeauftragter oder eine Mobilitätsbeauftragte des Krankenhauses kann die Maßnahmen zur Beschäftigten- mit denen zur klimaschonenderen Besucherinnen- und Besucher- und dienstlichen Mobilität abstimmen. In die Zuständigkeit der (kommunalen) Energieversorger fällt die gegebenenfalls notwendige Ertüchtigung des Stromverteilnetzes und des Hausanschlusses, wenn Ladeinfrastruktur für Elektroautos auf dem Gelände des Krankenhauses errichtet

werden soll. Es ist auch zu prüfen, ob ein gegebenenfalls notwendiger und kostenintensiver Ausbau des Verteilnetzes durch intelligentes, d.h. zeitgesteuertes Laden der Fahrzeuge oder mittelfristig durch die Integration der Elektrofahrzeuge der Beschäftigten und der Ladeinfrastruktur auf dem Krankenhausgelände in die Sektorkopplung eine Alternative zum Ausbau darstellt. Bei der Sektorkopplung in Form bidirektionalen Ladens werden die Batterien der Elektrofahrzeuge (der Krankenhausbeschäftigten) in Zeiten hoher Erzeugung von (vor allem regenerativem) Strom und geringer Nachfrage als temporäre Stromspeicher genutzt, die Strom über die Ladesäule zurück ins Netz speisen, wenn die Erzeugung gering und die Nachfrage hoch ist.

Weniger Pkw und mehr Fahrrad im Beschäftigtenverkehr bedeuten für ein Krankenhaus auch geringere Kosten für den ruhenden Verkehr. Attraktive ebenerdige Fahrradstellplätze kosten rund 200 Euro, ein Stellplatz in einem überdachte Fahrradparkhaus kostet 625 bis 1.700 Euro. Abschließbare Fahrradboxen für ein oder mehrere Fahrräder sind ab 500 Euro je Fahrrad verfügbar. Deutlich kostenintensiver sind Pkw-Stellplätze: Ein ebenerdiger Stellplatz kostet 2.000 bis 3.500 Euro, ein Stellplatz in einer Parkpalette 4.000 bis 10.000, in einem Parkhaus 10.000 bis 15.000 und in einer Tiefgarage 15.000 bis 25.000 Euro (B.A.U.M. e.V. o. J.). Die Kosten für die Ladeinfrastruktur betragen – wie beschrieben – ab 3.000 Euro für Ladesäulen, für Wallboxen weniger als 1.000 Euro. Für die Kampagnen- und Öffentlichkeitsarbeit sind 2.000 Euro je Standort zu veranschlagen. Diese Kosten variieren je nach Standortgröße und inhaltlicher Ausgestaltung.

Die Senkung des Anteils des Pkw an den Wegen der Krankenhausbeschäftigten in Nordrhein-Westfalen zu ihren Arbeitsplätzen um ein Prozent zu Gunsten öffentlicher Verkehrsmittel würde 3.400 Tonnen CO<sub>2</sub> im Jahr einsparen, eine Senkung um ein Prozent zu Gunsten des Fahrrades 1.360 Tonnen. Hierbei wird die Annahme zu Grunde gelegt, dass die mit dem ÖV zurückgelegten Wege länger sind als die Wege, für die das Fahrrad genutzt wird. Würden ein Prozent der mit dem Pkw erbrachten Arbeitswege mit elektrischen und nicht mit konventionellen Verbrennerfahrzeugen zurückgelegt, dann ließen sich pro Jahr 1.460 Tonnen CO<sub>2</sub> einsparen. Aufgrund des steigenden Anteils von regenerativem Strom am deutschen Strommix kann sogar von einem zukünftig noch wachsenden Klimavorteil der Elektromobilität gegenüber Verbrennungsmotoren ausgegangen werden.

Synergie- und positive Begleiteffekte ergeben sich dann, wenn Fahrradabstellanlagen für die Krankenhausbeschäftigten auch von Besucherinnen und Besuchern genutzt werden können und so auch bei diesen Verkehren die Nutzung des Fahrrades befördern. Neben weniger verkehrsbedingtem CO<sub>2</sub> bewirkt die Substitution von Pkw-Fahrten auch die Minderung von Luftschadstoffen und Lärm. Zudem ist Bewegung auch im Sinne der Gesundheit förderlich.

### 2.3.3 Besucherinnen- und Besucherverkehre

2019 wurden in den nordrhein-westfälischen Krankenhäusern 4,7 Millionen Patientinnen und Patienten stationär versorgt. Die Patientinnen und Patienten bleiben dabei im Schnitt etwa sieben Tage im Krankenhaus. Die dabei durch Besucherinnen- und Besucherverkehre 2019 verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden basierend auf den Distanzen zwischen Wohn- und Behandlungsort der Patientinnen und Patienten auf etwa 108.000 Tonnen geschätzt. Der Pkw, mit dem rund 80 % der Besuchsfahrten

zurückgelegt werden (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2019), verursachte davon 102.000 Tonnen, der ÖV 6.000 Tonnen. Diese Maßnahme hat vor allem die Verlagerung von Pkw-Fahrten im Besuchsverkehr auf den Umweltverbund zum Ziel, indem die Nutzung von Alternativen zum Auto für Besucherinnen und Besucher attraktiver gemacht wird. Dies ist beispielsweise durch die Bereitstellung komfortabler, diebstahl- und witterungsgeschützter Fahrradabstellmöglichkeiten an den Krankenhausstandorten möglich. Die besondere Herausforderung bei der Verlagerung von Besuchsverkehren weg vom Auto ist die fehlende Routine der Menschen bei diesen Wegen. Diese erschwert beispielsweise die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel.

Durch die Schaffung einer Stelle für betriebliches Mobilitätsmanagement / Mobilitätsberatung können sämtliche Prozesse und Aktivitäten zur klimaschonenderen Mobilität koordiniert und inhaltlich miteinander verknüpft werden. Die Erhebung des Status Quo des Besuchsaufkommens und der Verkehrsmittelwahl der Besucherinnen und Besucher am Standort mittels einer Befragung liefert die notwendige Daten- und Wissensgrundlage für die Identifizierung und Implementierung von Maßnahmen, ebenso eine Stärken-Schwächen-Analyse der im Besucherinnen- und Besucherverkehr genutzten Verkehrsmittel. Die Abstimmung mit der Kommune kann die Verbesserung der Erreichbarkeit des Standortes für den Umweltverbund bewirken.

Entscheidend für mehr Radverkehr sind dieselben Maßnahmen wie bei der Beschäftigtenmobilität. Flankierende Kommunikations- und Öffentlichkeitsarbeit sensibilisiert Besucherinnen und Besucher für die Belange klimaschonender Mobilität und trägt so zur Akzeptanz der Maßnahmen bei.

Für klimaschonendere Besuchsverkehre sind verschiedene Akteurinnen und Akteure umsetzungsrelevant. Ein Mobilitätsbeauftragter oder eine Mobilitätsbeauftragte kann den Prozess der Verbesserungen der Bedingungen zur Anreise ohne Auto für Besucherinnen und Besucher mit Maßnahmen zur klimaschonenderen Beschäftigten- oder zur dienstlichen Mobilität abstimmen.

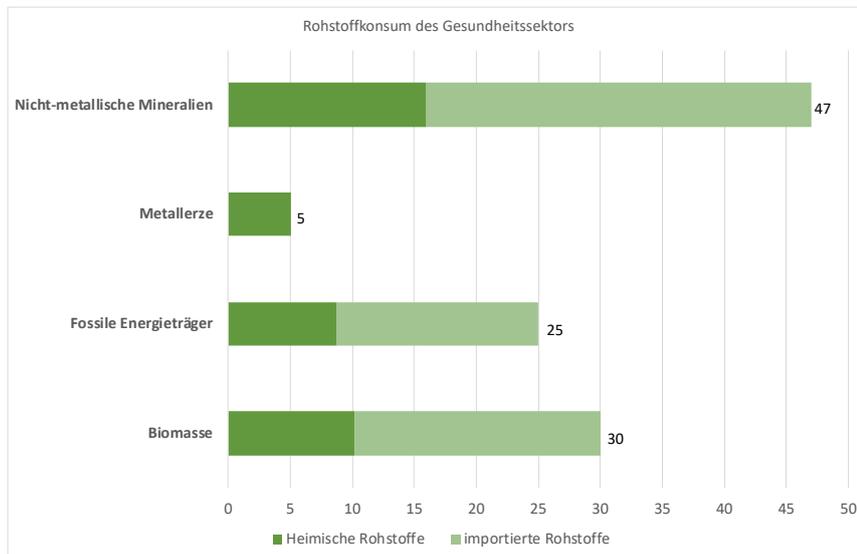
Auch aus Kostenperspektive sind Maßnahmen in diesem Handlungsfeld für das Krankenhaus sinnvoll und es ergeben sich dieselben Kostenvorteile wie beim Beschäftigtenverkehr. Auch hier sind Kampagnen- und Öffentlichkeitsarbeit sinnvoll, wofür 2.000 Euro je Standort veranschlagt werden können. Auch diese Kosten variiert je nach Standortgröße und inhaltlicher Ausgestaltung.

Die Senkung des Anteils der mit dem Pkw zurückgelegten Wege um ein Prozent zu Gunsten öffentlicher Verkehrsmittel würde pro Jahr rund 860 Tonnen CO<sub>2</sub> einsparen, die Senkung des Pkw-Anteils um ein Prozent zu Gunsten des Fahrrades 1.280 Tonnen.

## 2.4 Beschaffung von Material und Dienstleistungen

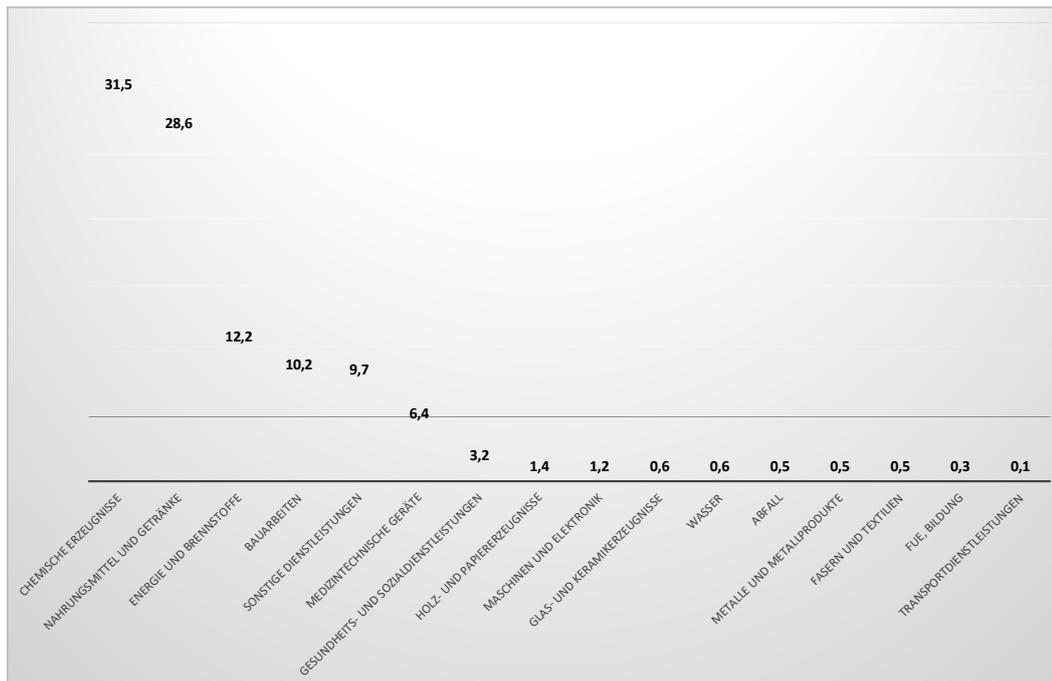
Laut einer aktuellen Studie des Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, entfallen ca. 5 % des Gesamt-Rohstoffkonsums (Raw Material Consumption, RMC) in Deutschland auf Dienstleistungen des Gesundheitssektors. Das sind ca. 107 Millionen Tonnen im Jahr. Der Gesundheitssektor insgesamt liegt damit ab-

solut an vierter Stelle, hinter Bauarbeiten, öffentlicher Verwaltung und weiterverarbeiteten „anderen Lebensmitteln“, d. h. Lebensmittel ohne Fleisch- und Milchprodukten (Ostertag et al. 2021).



**Abb. 2-5 Rohstoffkonsum des Gesundheitssektors, Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Ostertag (Ostertag et al. 2021)**

Obiger Abbildung kann man entnehmen, dass nicht-metallische Mineralien mit ca. 44 % den größten Anteil des Rohstoffkonsums des Gesundheitssektors ausmachen, gefolgt von Biomasse (28 %), fossilen Energieträgern (23 %) und Metallерzen mit lediglich 5 %. Deutlich zu sehen ist, dass der Anteil der importierten Rohstoffe dominiert, was auf stark internationalisierte Wertschöpfungsketten hinweist. Entsprechend sollten Maßnahmen zur Effizienzsteigerung beim Rohstoffkonsum des Gesundheitssektors dies berücksichtigen (Ostertag et al. 2021).



**Abb. 2-6 Rohstoffkonsum verschiedener Bedarfsfelder des Gesundheitssektors (in Mio. Tonnen) im Jahr 2016, Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Ostertag (Ostertag et al. 2021)**

Obige Abbildung zeigt den Rohstoffkonsum verschiedener Bedarfsfelder des Gesundheitssektors. Grundannahme ist hierbei, dass Krankenhäuser einen großen Anteil am Rohstoffkonsum des Gesundheitssektors ausmachen. Die Abbildung macht deutlich, in welchen Bedarfsfeldern ein besonders hoher Konsum ist. Chemische Erzeugnisse spielen natürlich in der medizinisch- pflegerischen Versorgung eine sehr große Rolle. Nahrungsmittel und Getränke sind ein Bereich, der sich aufgrund des hohen Anteils von über einem Viertel des Rohstoffkonsums des Gesundheitssektors (Ostertag et al. 2021) für eine genauere Betrachtung anbietet. Ebenso der Bereich „Bauarbeiten“, welcher zudem großen Einfluss auf den Bedarf an Energie- und Brennstoffen hat, die naturgemäß einen erheblichen auf die durch Krankenhäuser verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen haben.

#### 2.4.1 Medizinische Geräte / Produkte / (Narkose-)Gase

Im Operationssaal (OP) werden zum Schutz des Personals genutzte Narkosegase am Narkosegerät abgesaugt und in die Außenluft abgeleitet. Problematisch dabei ist, dass alle volatilen Anästhetika halogenierte Kohlenwasserstoffe (Koch und Pecher 2020) und damit besonders klimaschädliche Treibhausgase sind. Im Vergleich zu CO<sub>2</sub> sind sie um ein Vielfaches schädlicher, nämlich (Snyder-Ramos und Dickhoff 2022):

- Desfluran: 2.540-fach
- Isofluran: 510-fach
- Sevofluran: 130-fach
- Lachgas: 300-fach

Aus diesem Grunde wird für diese Anwendungen zur besseren Vergleichbarkeit auch von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (CO<sub>2</sub>eq) gesprochen. Wenn in NRW anteilig in etwa so viele Narkosen durchgeführt werden wie in Gesamtdeutschland, wo es jährlich rund 17

Mio. sind (DGAI 2020) kommt man auf jährlich rund 4 Mio. Narkosen, die mit jeweils bis zu 118 Kilogramm CO<sub>2</sub>eq verbunden sind. Um dies in ein Verhältnis zu anderen Emissionsfaktoren zu bringen, ist folgender Vergleich ein anschauliches Beispiel: Eine 7-stündige Narkose bei einem Frischgasfluss von 0,5 l/min mit 2 % Sevofluran verursacht einen Treibhausgaseffekt, vergleichbar mit einer 783 km langen Autofahrt; bei 1,2 % Isofluran sind es 667 km und bei 6 % Desfluran 3.924 km (Koch und Pecher 2020). Eine andere Studie kommt zu ähnlichen Ergebnissen und belegt, dass in jeder Stunde Allgemeinanästhesie je nach verwendetem Narkosegas und Frischgasfluss, CO<sub>2</sub>eq Emissionen anfallen, die einer Fahrstrecke zwischen 28–62 km (Sevofluran) und 375–750 km (Desfluran) in einem durchschnittlichen Auto (gerechnet mit dem EU-Durchschnitt von 2009 für Pkw in Höhe von 160 g/km) entsprechen (Ryan und Nielsen 2010). Das derzeit Europas Neuwagenflotte für das Jahr 2020 unter einem durchschnittlichen Kohlendioxid-Ausstoß von 100 g/km liegt, würde dies heute sogar einer um mehr als ein Drittel höheren Fahrstrecke entsprechen.

Der Verbrauch solcher Narkosegase (volatilen Anästhetika) ist in der Vergangenheit erheblich gestiegen und Experten gehen davon aus, dass durch eine weltweit verbesserte medizinische Versorgung und durch die zunehmende Alterung der Bevölkerung in den entwickelten Ländern, dieser Trend weiter anhalten wird (Koch und Pecher 2020).

Als Klimaschutzoptionen stehen für diesen Bereich im Grunde zwei Möglichkeiten zur Verfügung (Snyder-Ramos und Dickhoff 2022):

1. Vermeiden, also Substitution durch Spinalanästhesie bzw. intravenöse Anästhesie
2. Recycling von Narkosegas durch den Einsatz von Narkosegasfiltern, wodurch die Freisetzung der Narkosegase in die Umwelt verhindert wird und die gefilterten Narkosegase wiederverwendbar gemacht werden.

Beide Optionen, sowohl die Vermeidung bzw. Reduzierung, als auch die Wiederverwendung von Narkosegasen sind ein mitunter leicht umsetzbarer Hebel für Klimaschutz im Gesundheitswesen. Informationen über Alternativen zur Verfügung zu stellen wäre mit geringem Aufwand möglich. Denkbar wäre auch eine ordnungsrechtliche Verfügung, dass die totale intravenöse Anästhesie Standard ist und Alternativen besonders begründet werden müssen. Allerdings würde eine solche Maßnahme vermutlich als sehr starker und auch konfliktreicher Eingriff des Staates in ärztliche Entscheidungen empfunden werden, was eine Durchsetzbarkeit (nur auf nationaler Ebene) erschweren würde. Auch eine Vorschrift zum Recycling von Narkosegasen oder eine besondere Besteuerung von Narkosegasen ist vorstellbar, wodurch ein ökonomischer Hebel entstünde.

#### **2.4.2 Grüne Beschaffung von Verbrauchsmitteln**

Verbrauchsmittel sind im Krankenhaus sehr umfassend und reichen von Desinfektionstüchern, Arzneimittel, Einmalhandschuhen, Kanülen und Spritzen, Infusionssysteme, Papier, Textilien, Einweg-Trockenbatterien und Reinigungsmittel, um nur einen groben Überblick zu geben. In Universitätskliniken sind zum Teil Stammdaten

von über 10.000 Artikeln vorhanden, die regelmäßig gekauft werden (Berg und Kurz 2016). Mit einem nachhaltigen Beschaffungswesen können bei dem Einkauf und der Nutzung von Produkten die Treibhausgasemissionen (Scope 3) im Krankenhaus signifikant reduziert werden. Dabei spielt neben dem Energieverbrauch insbesondere der Ressourcenverbrauch eine wesentliche Rolle. Ein Beschaffungswesen, das die Kreislaufwirtschaft im Blick hat, kann Voraussetzungen schaffen, dass Produkte bzw. die darin enthaltenen Materialien länger genutzt und recycelt werden.

Derzeit ist die Ressourcenschonung bei Verbrauchsmitteln jedoch noch ein wenig beachtetes Thema in Krankenhäusern. Jedes Jahr werden über 8.000 Tonnen Müll durch Einweginstrumente erzeugt (Reddemann 2021). Das liegt unter anderem daran, dass für einige Hersteller kaum Anreize existieren, Mehrwegprodukte anzubieten. Ein Grund für die einmalige Nutzung von Medizinprodukten, die eine Sterilisation erfordern, ist der notwendige Nachweis des Herstellers, dass Qualitätsstandards auch nach mehrmaliger Nutzung eingehalten werden müssen. Auch in der Anwendung besteht ein zusätzlicher Aufwand, die Sterilität sicherzustellen (Ostertag et al. 2021).

Die Potenziale für eine nachhaltige und ressourcenschonende Verwendung von Verbrauchsmitteln sind daher bei Weitem noch nicht ausgeschöpft. Bei der Nutzung bestehen Potenziale unter anderem bei der Förderung der Wiederverwertung oder beim Aufbau von Recyclingkreisläufen (Ostertag et al. 2021). Beispiele für produkt-spezifische Maßnahmen sind:

- Ersatz von To-go-Umverpackungen durch Mehrwegverpackungen
- Recycling von OP-Besteck
- Aufbau einer zentralen Sterilgutversorgungsabteilung
- Nutzung von Mehrwegkitteln und Sammlung der Textilien in wiederverwertbaren Stofftüten

Neben Potenzialen bei der Nutzung, sollte die Beschaffung nach ökologischen (und sozialen) Kriterien ausgelegt werden und eine klimafreundliche Beschaffungsrichtlinie umgesetzt werden<sup>2</sup>. In diesem Zusammenhang ist auch das im Juni 2021 vom Bundestag verabschiedete Lieferkettengesetz für viele Krankenhäuser bedeutsam. Denn von 2023 an sollen Unternehmen ab 3.000 und 2024 auch Unternehmen ab 1.000 Mitarbeitenden, ihre gesamte Lieferkette transparent machen. Die Wirkung wird sein, dass diese wiederum von ihren Lieferanten zahlreiche Informationen einfordern werden. Damit besteht eine gute Voraussetzung dafür, dass die Beschaffung nicht länger vornehmlich nach dem Kriterium des günstigsten Preises ausgerichtet wird, sondern nach weiteren Kriterien der Nachhaltigkeit. Hierdurch wird unter anderem der Energie- und Ressourcenverbrauch des Krankenhauses reduziert. Neben übergreifenden Kriterien (z.B. die grundsätzliche Vermeidung von Einwegprodukten, wenn eine Alternative vorhanden ist, das Schließen von Stoffkreisläufen), sollten für einzelne Produkte oder Produktgruppen spezifische Kriterien entwickelt werden, so dass als Ergebnis eine umfassende grüne Beschaffungsrichtlinie entsteht. Dabei sollten auch Lieferketten mit einbezogen werden. Zu beachten sind hierbei die Vorgaben

---

<sup>2</sup> Ein Beispiel für eine Initiative, die sich für ein grünes Beschaffungswesen in Krankenhäuser einsetzt, ist Zukunft Krankenhaus-Einkauf, siehe: [www.zukunft-krankenhaus-einkauf.de](http://www.zukunft-krankenhaus-einkauf.de)

des Vergaberechts und die Rolle öffentlich finanzierter Krankenhäuser als öffentliche Auftraggeber. Hier ist das Prinzip der Wirtschaftlichkeit ein wesentlicher Faktor, wobei auch Lebenszykluskosten und andere Kriterien eine Rolle spielen können.

Das Beschaffungsmanagement ist für die grüne Beschaffung verantwortlich, wobei die Unterstützung weiterer Akteure notwendig ist (insbesondere bei der Entwicklung von Kriterien und der Umstellung des Beschaffungsprozesses). Zudem muss die Krankenhausleitung die Maßnahme unterstützen. Schließlich folgt die Umsetzung im Beschaffungswesen. Diese umfasst unter anderem die Änderung von Bestellprozessen, die Anpassung von Ausschreibungsunterlagen, die Suche nach weiteren Lieferanten und die Änderung von Rahmenverträgen. Auch ein Abgleich mit bestehenden rechtlichen Vorgaben muss in diesem Schritt erfolgen (insbesondere bei Krankenhäusern mit öffentlichem Träger). Ferner muss eine transparente Kommunikation der Änderungen an die Mitarbeiter erfolgen.

Die Kosten für eine grüne Beschaffung unterscheiden sich von Produkt zu Produkt. Bei der Umstellung auf Recyclingpapier (in Kombination mit der Standardeinstellung „doppelseitig Drucken“), bei mehrfach genutzten Stofftaschen und bei der Reduzierung von To-go-Kaffeetassen sind nur geringe Mehrkosten zu erwarten, es kann sogar zu einer Kostenreduktion kommen. Im Universitätsklinikum Dresden wurden zum Beispiel die Müllbeutel aus den Papierkörben entfernt, was zu einer Einsparung von 1,5 Tonnen Kunststoff und 9.000 € führte (Möbius 2021).

Bei all den Maßnahmen muss berücksichtigt werden, dass es in einigen Fällen zu einem Mehraufwand bei den Mitarbeitenden kommen kann: Wird auf To-go-Becher verzichtet, müssen mehrfach nutzbare Becher gereinigt werden und ggf. ein Pfandsystem eingeführt werden. Beim Recycling von OP-Besteck muss ein zusätzlicher Entsorgungsweg geschaffen werden.

Insgesamt kann das Thema einer „grünen Beschaffung“ auch bei der nicht fluktuierende Ausstattung, wie etwa den Büromöbeln und -geräten, Krankenhausbetten, Rollstühle, Regalen und vielen weiteren Gegenständen eine Rolle spielen. Hier können beispielsweise die Themen Reparierbarkeit, nachwachsende oder rezyklierte Rohstoffe ein Kriterium sein.

### 2.4.3 Ernährung im Krankenhaus

Im Krankenhaus ist die Verpflegung ein zentrales und sensibles Thema, da eine ausgewogene Ernährung den Genesungsprozess unterstützen und das Wohlbefinden fördern kann sowie ein Kriterium bei der Bewertung des Krankenhausaufenthaltes ist (a'verdis et al. 2020).

Neben gesundheitlichen Aspekten ist die Ernährung aber auch für den Klimaschutz von hoher Relevanz. Mit der Auswahl der Gerichte und Zutaten kann ein entscheidender Beitrag zur Reduktion der Treibhausgasemissionen und damit zum Klimaschutz geleistet werden. Klimaschädliche Emissionen (Kohlendioxid, Lachgas, Methan) fallen u.a. bei der Viehhaltung, beim Dünger, beim Transport, bei der Verarbeitung und bei der Entsorgung der Lebensmittel an. Ein Krankenhaus hat einen indirekten Einfluss darauf, wie hoch die Emissionen ausfallen, so dass diese Scope 3 zugeordnet werden. Dabei hängt der Einfluss stark von der Regelung des Einkaufs und der Bewirtschaftungsform ab, wobei weiterhin über 80 % der Krankenhäuser die

Speisen in Eigenregie (eigene Küche, eigene Service-GmbH) herstellen (Blum und Lehmann 2020).

Treibhausgasemissionen fallen sowohl bei der Patientenverpflegung als auch in der der Verpflegung der Belegschaft (i.d.R. Kantine) und der Gäste (i.d.R. Cafeteria) an, so dass der Bereich Ernährung bei Krankenhäusern insgesamt einen Anteil von ca. 14 % der gesamten Emissionen ausmacht (Health Care Climate Action 2014). Dabei gibt es große Unterschiede, je nachdem, welche Lebensmittel angeboten und verzehrt werden. Ein Kilogramm Kartoffeln verursacht lediglich 0,2 kg CO<sub>2</sub>eq während ein Kilogramm Käse bereits 5,7 kg CO<sub>2</sub>eq und ein Kilogramm Rindfleisch sogar 13,6 kg CO<sub>2</sub>eq verursacht (Reinhardt et al. 2020).

Viele Krankenhäuser haben bereits ein Bewusstsein für mehr Klimaschutz – auch im Bereich Ernährung entwickelt. Neben Vollkost und leichter Vollkost (Schonkost) wird in fast allen Krankenhäusern bereits eine vegetarische Alternative angeboten. 10 % der Krankenhäuser haben in ihrer Regelleistung zudem Bioprodukte im Angebot (Blum und Lehmann 2020). Allerdings sind die Potenziale noch nicht erschöpft.

Eine Untersuchung in Schulkantinen hat ergeben, dass eine ausgegebene Menüportion mit durchschnittlichen Emissionen in Höhe von ca. 1.250 g CO<sub>2</sub>eq verbunden ist (Scharp et al. 2019). Reduziert werden kann diese Menge unter anderem, indem der Fleischkonsum reduziert und substituiert wird. Eine zentrale Maßnahme ist daher die Ausweitung des vegetarischen Angebots, da Fleisch, insbesondere Rindfleisch, mit hohen Treibhausgasemissionen verbunden ist. Die Krankenhäuser sollten daher die Speisepläne umstellen und den Fleischanteil verringern und besonders klimaschädliche Lebensmittel (wie Rindfleisch und Butter) durch Alternativen ersetzen. Mit der Einführung eines vegetarischen Tages kann nach außen kommuniziert werden, dass das Krankenhaus bewusst auf eine klimafreundliche Ernährung setzt. Da solche Maßnahmen aber auch als bevormundend empfunden werden können, sollte sie von einer breiten Basis getragen und kommunikativ sehr gut vorbereitet werden. Denkbar ist ein stufenweises Vorgehen, wonach zunächst Fleischmengen reduziert und dann zunehmend durch pflanzliche Alternative ersetzt werden. Da bei guten Ersatzprodukten beispielsweise der geschmackliche Unterschied zwischen tierischem und veganem Hackfleisch kaum noch rausgeschmeckt werden kann und auch die Konsistenz sehr ähnlich ist, könnte ein solches Vorgehen sinnvoll sein. Eine gute Einbindung der Belegschaft ist in jedem Fall sinnvoll. Da ein direkter Zusammenhang zwischen einer gesunden Ernährung und dem Wohlbefinden besteht, sollte diese Maßnahme von Krankenhäusern prioritär umgesetzt werden.

Zudem spielen Treibhausgasemissionen auch bei der Herstellung der Lebensmittel eine entscheidende Rolle. Krankenhäuser sollten daher Lebensmittel beschaffen, die (soweit möglich) aus der Region stammen und gerade Saison haben. Auch der Kauf von Bio-Produkten trägt zum Klimaschutz bei. Am Anfang kann eine Quotenlösung den Einstieg erleichtern, indem zum Beispiel 20 % der Lebensmittel nach klimafreundlichen Kriterien gekauft werden. Dieser Wert kann sich nach einer erfolgreichen Einführung weiter steigern, bis die Speisenversorgung komplett nach klimafreundlichen Kriterien erfolgt.

Darüber hinaus können so genannte Nudging-Ansätze dabei unterstützen, den Fleischkonsum zu reduzieren. Hierbei kann z.B. die Anordnung der Gerichte angepasst werden und das vegetarische Gericht an den Anfang der Speisekarte gesetzt werden oder die Anordnung der Speisen in der Kantine geändert werden. Auch die Verwendung einer Lebensmittelampel bei den Gerichten kann dazu beitragen, dass verstärkt zum klimafreundlichen Gericht gegriffen wird.

Ähnlich wie bei der Umsetzung einer grünen Beschaffungsrichtlinie müssen bei einer klimafreundlichen Speisenversorgung zunächst die Verantwortlichkeiten geklärt werden und Umsetzungsmöglichkeiten erörtert werden. Je nach vorhandener Struktur müssen Gespräche mit der Kantinenleitung oder dem Caterer geführt werden und Umsetzungsoptionen diskutiert und umgesetzt werden. Es folgt die Anpassung der Speisenauswahl (und damit ggf. auch eine Änderung der Lieferanten) und der Rezepte.

Die Mehrkosten fallen bei dieser Maßnahme gering aus. Die Ausweitung des pflanzlichen Angebots ist mit keinen oder geringen Mehrkosten verbunden, es kann auch hier sogar zu einer Reduktion der Kosten kommen. Bei der Umstellung auf regionale, biologische und saisonale Lebensmittel können gegebenenfalls geringe Mehrkosten entstehen.

Das CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial hängt stark von der konkreten Umsetzung ab: Das Einsparpotenzial bei dem Ersatz eines Fleischgerichts pro Woche durch ein pflanzliches Gericht beträgt 5 %. Wird Rindfleisch durch eine pflanzliche Alternative ersetzt können bis zu 14 % der Treibhausgasemissionen eingespart werden. Die Verwendung von Bio-Produkten kann 4 % und die Umstellung auf saisonal-regionale Produkte 2 % der klimaschädlichen Emissionen einsparen (Scharp et al. 2019). Darüber hinaus gibt es Synergieeffekte, indem der Genesungsprozess unterstützt und die Gesundheit gefördert wird. Die Region kann profitieren, wenn vermehrt regionale Anbieter bei der Beschaffung von Lebensmitteln ausgewählt werden.

### 3 Programm Klimaschutz: Vorschlag für 10 Maßnahmen.

Vor dem Hintergrund der Herausforderungen vor der wir alle stehen, sind erhebliche Investitionen nötig, um die Krankenhausausrüstung und die zugehörige Infrastruktur in Richtung Klimaschutz zu trimmen. Um die Klimaschutzziele zu erreichen, braucht es nun einen Investitions-Booster in die Krankenhausinfrastruktur. Dazu müssen auch bestehende Hindernisse analysiert und abgebaut werden. Die De-minimis-Verordnung, wonach ein Schwellenwert besteht, bis zu dem Beihilfen als Maßnahmen angesehen werden, die nicht als Wettbewerbsverfälschung gewertet werden, ist ein solches Hindernis. Es wäre sinnvoll, wenn Krankenhäuser als wichtige regionale Einrichtungen der gesundheitlichen Daseinsvorsorge davon ausgenommen würden.

Es geht aber nicht nur um Förderungen und Zuschüsse. Es bedarf vielmehr auch mutiger und entschlossener ordnungsrechtlicher Vorgaben. So könnten beispielsweise Nachhaltigkeits- und Klimaschutzaspekte auch als zwingendes Kriterium in Ausschreibungen Eingang finden und in der Gewichtung so bedeutend sein, dass es mehr um einen Qualitäts- und weniger um einen Preiswettbewerb geht.

Auch beim Thema Bauen und Sanieren könnten gesetzliche Vorgaben für mehr Klarheit sorgen. Neubau nur noch mit Bauteilen im Passivhausstandard, die Verwendung klimafreundlicher Baumaterialien, eine Verpflichtung zum Einbau von Wärmerückgewinnungsanlagen und verpflichtende Kontrollen der ordnungsgemäßen Bauausführung sind hier Beispiele, die zwar kurzfristig das Bauen teurer machen würden, jedoch schon mittelfristig zu geringeren Energiekosten bei der Bewirtschaftung führen würden.

Ebenso gibt es Möglichkeiten, ordnungsrechtlich im Verkehr für Leitplanken zu sorgen, die eine Mobilitätswende befördern. Dies könnte beispielsweise Vorgaben für Fahrzeuge zur Personenbeförderung betreffen. Auf kommunaler Ebene wäre auch eine konsequente und hochpreisige Parkraumbewirtschaftung im Umfeld der Krankenhäuser ein geeignetes Instrument, um die Rahmenbedingungen zu verbessern. Gerade im Wohnumfeld von Krankenhäusern in urbanen Zentren beklagen sich die Anwohner\*innen über den enorm zugenommenen Besuchsverkehr, der durch eine solche Maßnahme reduziert würde.

Welche Investitionen genau in welchem Krankenhaus erforderlich sind, kann erst nach detaillierter ingenieurtechnischer Stadtortuntersuchung beziffert werden. Von den folgenden Maßnahmen ist allerdings anzunehmen, dass sie für jedes Haus oder zumindest für die allermeisten Krankenhäuser eine sinnvolle und auch weitgehend erforderliche „Klimaschutzinvestition“ darstellen, mit denen Kliniken einen zentralen Schritt zur Dekarbonisierung gehen können. Individuelle Sanierungspläne sollten wie im Kapitel 2.1.2 (Controlling) beschrieben erstellt und konsequent verfolgt werden. Solche Pläne schaffen dann auch auf dezentraler Ebene eine bessere Übersicht zu den erforderlichen Investitionen. Die hier dargestellten Maßnahmen können daher nur eine sehr grobe Schätzung darstellen und sollen in erster Linie eine erste finanzielle Orientierung geben. Dabei sind Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen auch vor dem Hintergrund extrem volatiler Märkte für Energie und Baustoffe sowie in Angesicht des Fachkräftemangels im Handwerk mit großen Unsicherheiten verbunden.

Auch hinsichtlich der möglichen CO<sub>2</sub>-Einsparungen sind lediglich pauschale Schätzungen möglich, weil wir uns beim Krankenhaus in einem dynamischen System befinden, in dem viele Komponenten in Wechselbeziehung zueinander aber auch mit dem Umfeld stehen. So hängt beispielsweise der Klimaschutzeffekt einer Wärmepumpe davon ab, wie der Strom zu seinem Betrieb erzeugt wurde. Das kann der Strommix Deutschland sein, kann aber gegebenenfalls auch zu Teilen der eigenerzeugte Strom einer PV-Anlage sein.

Es sollten aus den oben genannten Handlungsoptionen Umsetzungsoffensiven gestartet werden. Um dem Klimaschutz in Krankenhäusern auf den zentralen Bereichen den erforderlichen Schub zu geben, wären die folgenden 10 Maßnahmen (in Klammern der jeweilige Umsetzungshorizont) von zentraler Bedeutung. Sie sind als Maßnahmenbaukasten zu verstehen, die jeweils eine Offensive in Bezug auf folgende Aspekte darstellen:

1. Klimaschutzmanagement (3 Jahre)
2. Photovoltaik (2 Jahre)
3. Wärme- und Kälteerzeugung (5 bis 10 Jahre)
4. Gebäudehüllensanierung (5 bis 10 Jahre)
5. LED-Beleuchtung (2 Jahre)
6. Heizungspumpensanierung (5 Jahre)
7. Lüftungsanlagen (5 bis 10 Jahre)
8. Ohne Auto zum Krankenhaus (1 Jahr)
9. E-Mobilität (3 Jahre)
10. Narkosegas (2 Jahre)

### **3.1 Klimaschutzmanagement (3 Jahre)**

Ein Klimaschutzprozess kann nur dann erfolgreich umgesetzt werden, wenn sich jemand dafür verantwortlich fühlt und die Funktion des „Motors und Promoters“ in enger Zusammenarbeit mit der Geschäftsführung z. B. als Stabsstelle „Klimamanagement“ übernimmt. Maßnahmen und Kampagnen planen und durchführen, Befragungen der Beschäftigten durchführen, Verbrauchsdaten erfassen, einen Sanierungs- bzw. Dekarbonisierungsfahrplan erstellen und den Klimaschutzfortschritt überwachen, all das sind zusätzliche Aufgaben, die jemand wahrnehmen muss. Ein Team von weiteren Mitarbeitenden („Klimaschutz-Team“) aus verschiedenen Bereichen des Krankenhauses wird mit einem Teil ihrer Arbeitszeit beteiligt sein (z. B. Technische Leitung, Einkauf, Umwelt- und Abfallbeauftragte, Unternehmenskommunikation etc.). Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass je 150 Betten eine Person, in der Regel mit wissenschaftlicher Ausbildung, für diese Aufgaben benötigt wird. Wie bei KLIK green sollte zudem berufsbegleitend qualifiziert werden. Eine Vernetzung der im Klimaschutz-Team tätigen Personenuntereinander kann dazu führen, dass Synergien besser erschlossen und gute Ideen besser verbreitet werden.

### **3.2 Photovoltaik (2 Jahre)**

Der Ausbau erneuerbarer Energien ist der zentrale Schlüssel beim Klimaschutz. Während die Erschließung mancher erneuerbarer Energien sehr stark vom Standort abhängt, kann Photovoltaik quasi überall in Nordrhein-Westfalen ausgebaut werden.

Ob eine Dach-, eine Fassadenanlage, eine Anlage auf der Freifläche eines Parkplatzes oder eine Kombination dieser Möglichkeiten sinnvoll ist, hängt wiederum von den örtlichen Bedingungen ab. Je Standort wird damit gerechnet, dass im Durchschnitt eine Groß-PV-Anlage mit 500 kW<sub>peak</sub>-Leistung installiert werden kann. Die Höhe der dafür anfallenden Investitionskosten hängt wiederum sehr stark von den örtlichen Bedingungen ab, etwa dem Installationsaufwand und der vorhandenen Statik eines Daches. Im Durchschnitt rechnen wir mit Kosten in Höhe von 600.000 Euro, inklusive Montage und Wechselrichter. Dafür könnte eine solche Anlage je nach Standort und Ausrichtung etwa 450.000 kWh pro Jahr an Strom erzeugen.

### 3.3 Wärme- und Kälteerzeugung (5 bis 10 Jahre)

Während auf nationaler Ebene beim Ausbau erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung schon große Fortschritte erreicht wurden, sind die bislang erzielten Erfolge für einen treibhausgasneutralen Gebäudebestand noch recht überschaubar. Heizen ohne Öl und Gas ist dabei eine zentrale Herausforderung, um die Wärmewende zu erreichen. Der Gesetzgeber hat bereits erste wichtige Zeichen gesetzt, die erwarten lassen, dass fossil betriebene Heizungen in Zukunft keine Rolle mehr spielen werden. Es müssen daher bestehende, auf fossilen Energien basierende Heizzentralen in Krankenhäusern durch Heizungen ersetzt werden, die auf erneuerbaren Energien basieren. Welcher Energieträger dafür infrage kommt, hängt jeweils sehr stark von den örtlichen Möglichkeiten ab. Je nach Standort könnte Geothermie, Holz, Biogas, Grubengas, Großwärmepumpen, Solarthermie oder eine Kombination aus verschiedenen Technologien oder auch der Anschluss an oder der Ausbau eines Nah- bzw. Fernwärmenetzes eine sinnvolle Option darstellen. Die vergleichsweise hohen Kühlbedarfe in Krankenhäusern ermöglichen zudem, dass Heizsysteme auch für Kühlung eingesetzt werden können. Die erzeugte Wärmemenge kann in solchen Fällen zum Antrieb einer Absorptionskälteanlage genutzt werden.

Aufgrund der hohen Anforderungen an die Versorgungssicherheit werden meist mehrere wärmetechnische Anlagen betrieben. Je nach Konfiguration können gegebenenfalls auch noch Teile der bestehenden Heizzentrale weitergenutzt werden. Das heißt, dass die erforderlichen Investitionen sowohl vom aktuellen Zustand, als auch von den spezifischen Bedingungen sehr stark abhängen. Fest steht, dass mit der technologieoffenen Umstellung einer Heizzentrale Kosten verbunden sein werden. In der Regel kann man Heizzentralen modular aufbauen und es besteht ein Zusammenhang zwischen der Größe eines Hauses und der erforderlichen Leistung. Als grobe Größenordnung kann man davon ausgehen, dass durchschnittlich etwa 1 Mio. Euro pro Heizzentrale für ein Haus mit 300 Betten anfallen werden. Dabei ist zu bedenken, dass es sehr hohe Varianzen hinsichtlich der erforderlichen Investitionen geben wird, die auch ganz wesentlich von den örtlichen Bedingungen abhängen. Im Einzelfall können die erforderlichen Investitionen erheblich höher sein. Die Sanierung der Wärmeenergieversorgung der Rheinischen Kliniken Bonn, einer Fachklinik für Psychiatrie und Psychotherapie des LVR, hatte beispielsweise 4,5 Mio. Euro gekostet. Ein wichtiges Invest zahlreicher Einzelmaßnahmen war eine hocheffiziente Energiezentrale, die gleichzeitig Strom, Wärme und Kälte für die Klinik erzeugt. Der hier angegebene, durchschnittliche Schätzwert unterstellt, dass nicht in allen Krankenhäusern Investitionen in dieser Größenordnung erforderlich sein werden. Insbesondere

in den Krankenhäusern, in denen Nah- und Fernwärme eingesetzt werden (das sind immerhin 58,8 % der Häuser) werden geringere Investitionen erforderlich sein.

### **3.4 Gebäudehüllen (5 bis 10 Jahre)**

Gut gedämmte Dächer und Fassaden und Fenster mit Dreifachverglasung für geringen Wärmeverlust sind eine wichtige Voraussetzung, um den Wärmebedarf erheblich zu reduzieren. Für einen verringerten Wärmebedarf ist auch eine geringere thermische Leistung notwendig. Außerdem tragen solche Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz bei, was angesichts des bereits eingetretenen Klimawandels gleichzeitig eine Möglichkeit der Anpassung an die Folgen des Klimawandels darstellt und zudem die erforderliche Energie zum Kühlen von Räumen im Sommer reduziert. Natürlich hängen auch hier die erforderlichen Investitionen ganz erheblich von den örtlichen Gegebenheiten ab. Denkmalschutz und bereits getätigte Sanierungsmaßnahmen, die Art des Gebäudekubus und der Fensterflächen, viele Faktoren haben einen Einfluss auf die anfallenden Kosten für eine Wärmesanierung. Als Faustformel kann man damit rechnen, dass etwa 500 Euro pro Quadratmeter erforderlich sind (Vergleich.de Gesellschaft für Verbraucherinformation mbH o. J.), um die erforderliche Wärmeenergie zu halbieren. Geht man von den Werten des Modellkrankenhauses in Höhe von 212 kWh pro m<sup>2</sup> aus, die vor den Maßnahmen zur Gebäudehülle (Dächer, Fassaden, Fenster) typisch sind, wäre in etwa das Niveau der Energieeinsparverordnung 2009 erreichbar. Tiefere Sanierungen würden bei entsprechend teureren Maßnahmen eine noch höhere Einsparung ermöglichen.

### **3.5 LED-Beleuchtung (2 Jahre)**

Der Austausch ineffizienter Leuchtmittel gehört zu den schnellsten und einfachsten Möglichkeiten, Energie im Krankenhaus einzusparen. Daher sollten diese durch effiziente LEDs ausgetauscht werden. Dabei hängt der Energieverbrauch stark vom Modell und von den speziellen Anforderungen an die Beleuchtung ab (von einer Nachtleuchte bis hin zur OP-Beleuchtung). Hinzu kommt, dass einige Bereiche permanent beleuchtet werden müssen, wie etwa Flure oder Treppenhäuser.

Insgesamt kann durch eine effizientere Beleuchtung eine Energieeinsparung von 30 % erreicht werden (Hagemeier 2018). Wird anfangs pro Bett eine Leuchtstoffröhre (60 Watt) durch eine LED ersetzt (20 Watt), die täglich durchschnittlich 6 Stunden leuchtet, so werden pro Jahr ca. 8.800 kWh Strom eingespart (bei 100 Betten). Bei Kosten für ein Leuchtmittel in Höhe von 10 € amortisiert sich die Investition bereits nach einigen Monaten (bei einem Strompreis von 0,20€/kWh). Werden zunächst die Leuchtmittel ersetzt, die besonders lange leuchten, so können noch deutlich höhere Einsparungen erreicht werden. Darüber hinaus können bei einer ergänzenden Umsetzung eines Beleuchtungsmanagements noch weitere Einsparungen erzielt werden.

### **3.6 Heizungspumpen (5 Jahre)**

Der Austausch von alten Heizungspumpen durch regulierte Hocheffizienzpumpen kann zu hohen Energieeinsparungen von durchschnittlich 66 % führen (Hagemeier 2018), die sich in der Regel schnell auch finanziell rechnen. Je nach Krankenhaus sind unterschiedliche Systeme gefragt, so dass hier individuelle Lösungen gefunden werden müssen.

Eine alte ineffiziente Standardpumpe verbraucht etwa 2.500 kWh pro Jahr. Bei einem Strompreis von 0,20 € kommen für eine Pumpe Stromkosten in Höhe von 500 € zusammen. Durch die hohe Anzahl an Pumpen in einem Krankenhaus summiert sich dieser Wert sehr schnell. Eine Hocheffizienzpumpe verbraucht hingegen nur noch 300 kWh pro Jahr, so dass hier nur Kosten in Höhe von 60 € entstehen (CO<sub>2</sub>-online 2019 S. 2). Mit der Pumpenoffensive sollen in Krankenhäusern in NRW pro 100 Betten 10 Pumpen ausgetauscht werden. Anhand von Beispielen kann abgeschätzt werden, dass der Austausch mit Investitionskosten in Höhe von etwa 10.000 € verbunden ist. Dem gegenüber stehen Betriebsmitteleinsparungen von etwa 4.400 € pro Jahr (bei 10 Pumpen).

### **3.7 Lüftungsanlagen (5 bis 10 Jahre)**

Mit dieser Maßnahme erhält jedes Stationszimmer eine dezentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Pro Raum ist ein Lüftungsgerät erforderlich, das kompakt an der Wand angebracht wird. In Krankenhäusern hat dabei die Einhaltung von Hygienestandards die höchste Priorität. Neben energierelevanten Aspekten kann eine Lüftungsanlage durch regelmäßigen Luftaustausch auch dazu beitragen, die Luftqualität zu verbessern. Die Kosten für die Maßnahme hängt sehr stark von den örtlichen Bedingungen ab. Dort, wo bereits eine Lüftungsanlage existiert, sind die Zusatzkosten relativ gering. Dort, wo alle Installationen neu gemacht werden müssen, sind sie Kosten entsprechend höher. Auch werden Fragen des Brandschutzes auftreten können, die gegebenenfalls zu höheren Kosten führen. Pro Bett schätzen wir die Investitionskosten auf etwa 1.000 €. Die Betriebskosten pro Jahr werden mit 10 € pro Bett beziffert. Dem gegenüber stehen Energieeinsparungen im Wärmebereich, die je nach Gebäudephysik erheblich sein können. Durch Lüftungsanlagen wird die Lufthygiene erheblich verbessert und Fensterlüftung erübrigt sich, was zu einer Komfortverbesserung führt.

### **3.8 Ohne Auto zum Krankenhaus (1 Jahr)**

Um das Fahrrad im Beschäftigtenverkehr zu fördern, wird für jede fünfte in den nordrhein-westfälischen Krankenhäusern beschäftigte Person ein guter, d.h. ein witterungs- und diebstahlgeschützter barrierefreier Stellplatz für ein Fahrrad geschaffen. Dies wären dann 55.200 Stellplätze zu je 1.000 Euro was einmalige Kosten von insgesamt 52,2 Millionen Euro bedeutet. 10 % dieser Stellplätze werden zudem mit Ladevorrichtungen für Pedelecs und E-Bikes ausgestattet, ebenso mit einem Schrankfach zur Aufbewahrung von Reserveakkus, Werkzeugen und Ersatzteilen. Je Schrankfach entstehen so weitere einmalige Kosten von 100 Euro, somit insgesamt 520.000 Euro. Um als Alternative zum Auto auch den ÖPNV zu fördern, erhalten alle in den nordrhein-westfälischen Krankenhäusern beschäftigten Personen ein von der öffentlichen Hand gefördertes und vom Geltungsbereich her wohnortbezogenes ÖPNV-Ticket. Dieses Ticket soll die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel auf dem Weg zum Arbeitsplatz unterstützen. Bei 276.000 Beschäftigte in den NRW-Krankenhäusern und (überschlägigen) Kosten je Ticket von 65 Euro (in NRW zwischen 55 und 90 €) im Monat und einer Selbstbeteiligung der Mitarbeitenden von 15 Euro, betragen die Kosten monatlich insgesamt rund 13,8 Millionen Euro. Dabei wird unterstellt, dass die große Mehrheit der Belegschaft dieses günstige Angebot wahrnehmen würde. Wie hoch die Kosten genau sein werden, hängt stark von den mit den

Verkehrsverbänden auszuhandelnden Konditionen, den Strecken und den örtlichen sowie überörtlichen Förderprogrammen ab.

### **3.9 Ausbau E-Mobilität (3 Jahre)**

Für jede zehnte in den NRW-Krankenhäusern beschäftigte Person wird auf den Beschäftigtenparkplätzen der Krankenhäuser die Möglichkeit zum Laden eines Elektroautos geschaffen. Auf diese Weise sollen die Beschäftigten, für die der ÖPNV, das Fahrrad oder das Zufußgehen keine Alternative auf dem Weg zur Arbeit darstellt, dazu motiviert werden, ihr konventionelles Verbrennerfahrzeug durch ein batterieelektrisches Auto zu ersetzen. Die Kosten würden für 27.600 Ladepunkte zu je 3.000 Euro einmalig für alle Krankenhausstandorte insgesamt 82,8 Millionen Euro betragen.

### **3.10 Narkosegase (2 Jahre)**

Die in Kapitel 2.4.1 dargestellten Möglichkeiten einer klimafreundlichen Anästhesie sollen konsequent verfolgt werden. Dabei spielt als Einstiegsmaßnahme zur Einsparung von Narkosegasen die Aufklärung des Fachpersonals (insbesondere der Anästhesist\*innen) über die klimaschädigende Wirkung der Narkosegase eine wichtige Rolle. Es könnte aus Gründen des Klimaschutzes im Rahmen einer Selbstverpflichtung oder einer ordnungsrechtlichen Vorgabe (wofür der Gesetzgeber zuständig wäre) in einer zweiten Stufe die Verwendung von Desfluran auf strenge Indikationen beschränkt werden (Conway et al. 2020). Wie wirkungsvoll schon eine gute Kampagne sein kann, zeigt ein Beispiel aus den USA: Eine Arbeitsgruppe an der University of Wisconsin informierte per E-Mail und über Aufkleber auf den Narkosegasvaporen über die klimaschädigende Wirkung der verwendeten Substanzen sowie über mögliche Alternativen. In der Folge wurde eine Verringerung der Kohlendioxid-Äquivalent-Emissionen pro Fall um 64 % (163 kg im Referenzjahr gegenüber 58 kg nach Kampagne) erreicht (Zuegge et al. 2019). Eine solche Aufklärungsarbeit vor Ort zu leisten und eine Kampagne operational umzusetzen, kann sehr gut durch ein Klimaschutzmanagement im Krankenhaus erledigt werden (siehe 3.1).

Praxisbeispiele belegen zudem, dass in der Anästhesie auch darüber hinaus durch Änderungen von Routinen hohe Kohlendioxid-Äquivalent-Einsparpotenziale mit entsprechendem Klimaschutzeffekt erschlossen werden können. Die Task Force on Environmental Sustainability der American Society of Anesthesiologists (ASA) empfiehlt in ihrem Maßnahmenkatalog „Greening the Operating Room and Perioperative Arena“, dass nur die Medikamente vorbereitet werden sollten, die auch wirklich verwendet werden sollen, da Untersuchungen zeigten, dass bei über 80 % der analysierten Anästhesieverfahren Medikamente aufgezogen wurden, die nicht zur Anwendung kamen (Conway et al. 2020). Außerdem sollten möglichst wiederverwendbare Laryngoskope und Spatel benutzt werden (ebenda).

## 4 Fazit

Das nach einem Urteil des Bundesverfassungsgerichtes novellierte Klimaschutzgesetz schreibt als Treibhausgasminderungsziel für das Jahr 2030 ein Minus von 65 % gegenüber 1990 vor, zuvor waren es 55 %. Bis 2040 müssen die Treibhausgase sogar um 88 % reduziert und bis 2045 die Treibhausgasneutralität erreicht werden. Zudem wurden sektorale Reduktionsziele verbindlich festgelegt (Energiewirtschaft, Industrie, Gebäude, Verkehr Landwirtschaft und Abfall) und auf die neuen Ziele ausgerichtet. Insgesamt weisen alle jüngeren Entwicklungen, insbesondere die ambitionierteren Reduktionsziele der Bundesregierung zur Verminderung der Treibhausgasemissionen Deutschlands bis 2045 auf eine kontinuierlich angelegte und dynamische Transformation bestehender Energie- und Verkehrsinfrastruktursysteme hin. Die anstehenden Veränderungen machen deutlich, dass sich Deutschland in Richtung eines postfossilen und klimafreundlichen Zeitalters begeben will. Auch der Krieg in der Ukraine führt uns vor Augen, dass die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern im Sinne einer stärkeren Unabhängigkeit so schnell wie möglich reduziert und perspektivisch völlig verschwinden muss. Das Klimaschutzgesetz, aber auch die vor dem Hintergrund der sich abzeichnenden Politiken zur Reduzierung der Abhängigkeit von russischen Rohstoffen bedeutet im Prinzip für alle Akteure auch ein mehr an Planungssicherheit: Wer eine Investition tätigen will, weiß, dass sie nur dann wirtschaftlich nachhaltig ist, wenn sie auch den Anforderungen an Klimaschutz und Unabhängigkeit genügt. Was im letzten Quartal des Jahres 2021 mit einem drastischen Anstieg der Energiepreise anfang (Vertragsverlängerungen oder Neuverträgen für Haushaltsverbraucher\*innen stiegen um 83 % von 6,47 Cent pro Kilowattstunde auf 11,84 Cent pro Kilowattstunde), traf zusammen mit dem Krieg Russlands gegen die Ukraine. Geopolitische Risiken haben bei der Bewertung unserer Energieversorgung während der Erstellung dieses Berichts erheblich an Bedeutung gewonnen. Es bedarf daher eines generellen Risiko-Checks für die zentralen Energiewende- und Klimaschutz-Strategien und -Pfade (Fischedick 2022). Dies gilt insbesondere in Bezug auf die Sicherheit der Bereitstellung von Energieträgern für unsere kritischen Infrastrukturen, zu denen Krankenhäuser zweifellos gehören.

Dieses Gutachten verschafft einen Einblick in die Handlungsoptionen und Notwendigkeiten, um das Zielbild eines klimaneutralen Krankenhauses zu erreichen. Es wurde ersichtlich, dass starke Veränderungen der Routinen und auch erhebliche Investitionen in Infrastruktur und Gebäudesubstanzen erforderlich sind. Zudem bedarf es bei einer ganzheitlichen Betrachtung des „Systems Krankenhaus“ einer breiten Unterstützung. Kein Krankenhaus kann es schaffen, das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen, ohne dass das Umfeld auch wirklich mitzieht. Das bedeutet beispielsweise, dass klimafreundliche Energieträger ausreichend zur Verfügung stehen müssen, wozu die örtlichen Wärmenetze einen wichtigen Beitrag leisten können oder auch nationale Strategien zur Dekarbonisierung der Gasversorgung erforderlich sind. Es müssen Fahrradwege ausgebaut werden, damit die Belegschaft sicher mit dem Rad zur Arbeit kommen kann und natürlich muss es auch ein gutes ÖPNV-Angebot geben, welches mit den besonderen Dienstzeiten eines 24/7-Betriebs vereinbar ist, um nur beispielhaft deutlich zu machen, dass es um die Gemeinschaftsaufgabe Klimaschutz geht.

Eine Umsetzung des hier vorgeschlagenen Programms zum Klimaschutz versetzt die Krankenhäuser in die Lage, ihren angemessenen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten.

## 5 Literaturverzeichnis

Andree, P.; Poremski, U. (2015): Mitarbeitermotivation Energieeffizienz & Klimaschutz Praxisleitfaden. Berlin: Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz (MIE).

[https://www.mittelstand-energiewende.de/fileadmin/user\\_upload\\_mittelstand/MIE\\_vor\\_Ort/Praxisleitfaden\\_Mitarbeitermotivation.pdf](https://www.mittelstand-energiewende.de/fileadmin/user_upload_mittelstand/MIE_vor_Ort/Praxisleitfaden_Mitarbeitermotivation.pdf)

a'verdis; BKK ProVita; Deutsches Krankenhaus Institut (2020): Planzlich. Nachhaltig. Gesund. Ein Wegweiser für Krankenhäuser und andere Gesundheitseinrichtungen. München: BKK ProVita. [https://www.dki.de/sites/default/files/2020-01/2020\\_Wegweiser\\_pflanzenbasierte\\_Ernaehrung\\_KH\\_GE\\_web\\_final\\_0.pdf](https://www.dki.de/sites/default/files/2020-01/2020_Wegweiser_pflanzenbasierte_Ernaehrung_KH_GE_web_final_0.pdf)

**Augurzky, B.; Lueke, S. (2022): Das klimaneutrale Krankenhaus - Finanzierungsmöglichkeiten von Umsetzungsmaßnahmen. Gutachten im Auftrag der Krankenhausesellschaft Nordrhein-Westfalen e. V. 28.03.2022.**

Bates, A. (2020): BURN: using fire to cool the earth. Place of publication not identified: CHELSEA GREEN.

B.A.U.M. e.V. (o. J.): Betriebliches Radverkehrsmanagement. <https://www.fahrrad-fit.de/default.asp?Menue=254>

Berg, M.; Kurz, S. (2016): Strategischer Einkauf im Krankenhaus. Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik. <http://assets.bme.de/public/uploads/0275f8777d407397ebe0e521815390c6ea9bc74fe97d7a7783f0d62720cf>

Bezirksregierung Düsseldorf (o. J.): Pendlerverkehr und Pendlerinfrastruktur. [https://www.brd.nrw.de/system/files/migrated\\_documents/re\\_35\\_Datenmo-saik2021\\_60dc7bf4651d5.pdf](https://www.brd.nrw.de/system/files/migrated_documents/re_35_Datenmo-saik2021_60dc7bf4651d5.pdf)

Bierwirth, A.; März, S.; Koska, T.; Kobiela, G.; Wagner, O.; Fishedick, M.; et al. (2021): Wuppertal klimaneutral 2035 : Wege und Herausforderungen auf dem Weg zur kommunalen Klimaneutralität 2035 ; Sondierungsstudie. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. doi: 10.48506/opus-7813.

Binder, A.; Dickhoff, A.; Fuhrmann, A.; Gyalrong-Steuer, M.; Krojer, S.; Schulz, . Christian M.; Weimann, E. (2021): Klimagerechte Gesundheitseinrichtungen Rahmenwerk, Version 1.0. München und Berlin: KLUG – Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit e.V. <https://gesundheit-braucht-klimaschutz.de/#:~:text=Rahmenwerk%20als%20Pdf%2DDatei>

Blum, K.; Lehmann, E. (2020): Trends in der Krankenhausküche. <https://www.kup-consult.de/wp-content/uploads/2020/05/Trends-in-der-Krankenhausku%CC%88che-Das-Krankenhaus-03-20.pdf>

Blum, K.; Löffert, S.; Offermanns, M.; Steffen, P. (2014): Krankenhaus Barometer. Düsseldorf: Deutsches Krankenhausinstitut e.V.

Bolle, S. (2021): Dekarbonisierung von Krankenhäusern – der Weg ist das Ziel! (Stiftung viamedica, Hrsg.)Klinergie Magazin - Energieeffizienz und Nachhaltigkeit in Kliniken 009.

Brockmann, T.; Dickhoff, A.; Kabus, M.; Loch, G.; Nowak, W.; Wolf, R. B.; Arthkamp, J. (2010): Blockheizkraftwerke in Krankenhäusern - Kostensenkung durch effiziente Strom- und Wärmeerzeugung. Berlin: ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreund-

- lichen Energieverbrauch e.V. [https://asue.de/sites/default/files/asue/themen/blockheizkraftwerke/2010/broschueren/05\\_01\\_10\\_bhkw-krankenhaus-2010.pdf](https://asue.de/sites/default/files/asue/themen/blockheizkraftwerke/2010/broschueren/05_01_10_bhkw-krankenhaus-2010.pdf)
- BUND, KGNW, Universitätsklinikum Jena (o.J.): KLIK-Datenbank. <https://www.klik-krankenhaus.de/klik-datenbank/informationen-zur-klik-datenbank>
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2019): Mobilität in Deutschland MiD - Ergebnisbericht. Berlin. [http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017\\_Ergebnisbericht.pdf](http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf)
- co2-online (2019): Heizungspumpe tauschen leicht gemacht: Alle Infos zu Kosten, Ersparnis und Umsetzung. <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/heizungspumpe/>. Last access: 28 Februar 2022.
- co2online (o. J.): Wärmedämmung: Kosten & Preise im Überblick. <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/daemmung/waermedaemmung-kosten/>. Last access: 10 März 2022.
- Conway, N.; Baumann, A.; Gucwa, N.; Schneider, G.; Schneider, F. (2020): Perioperative Medizin - Die klimafreundlichere Narkose. Deutsches Ärzteblatt 117(25)A-1258 / B-1064.
- Deutsche Auftragsagentur GmbH (o. J.): Kosten einer energetischen Sanierung Ihres Hauses. Effizienzhaus online. <https://www.effizienzhaus-online.de/kosten-sanierung/>. Last access: 10 März 2022.
- DGAI, B. (2020): Weltanästhesietag in Corona-Zeiten - 17 Millionen Narkosen pro Jahr - Kapazitäten an Pandemie anpassen - Anästhesisten kümmern sich um Nachhaltigkeit. <https://www.dgai.de/pressemitteilungen/pressemitteilungen/744-weltanaesthesietag-in-corona-zeiten-17-millionen-narkosen-pro-jahr-kapazitaeten-an-pandemie-anpassen-anaesthesisten-kuemmern-sich-um-nachhaltigkeit.html>. Last access: 23 Februar 2022.
- Dickhoff, A.; Protze, N.; Loh, M.; Hertlein, S. (2016): Klimaschutz in Kliniken verankern. Impulse geben und Potenziale nutzen. Bund für Umwelt und Naturschutz e.V., Landesverband Berlin (BUND Berlin).
- ENBW (2022): Unterhaltungskosten Elektroauto: Niedrige Kosten für Haltung und Wartung. <https://www.enbw.com/blog/elektromobilitaet/fahren/vorteil-e-auto-niedrige-kosten-fuer-haltung-und-wartung/>
- Erhorn, H. (o. J.): Energieeffizienz von Gebäuden Anforderungen und künftige Entwicklungen im nationalen und europäischen Kontext. Gehalten auf der Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP), Stuttgart. [https://r-eg.de/wp-content/uploads/2021/11/energieeffizienz\\_von\\_gebaeuden\\_\\_hans\\_erhorn\\_\\_frauenhofer\\_institut\\_fuer\\_bauphysik\\_stuttgart.pdf](https://r-eg.de/wp-content/uploads/2021/11/energieeffizienz_von_gebaeuden__hans_erhorn__frauenhofer_institut_fuer_bauphysik_stuttgart.pdf)
- Fishedick, M. (2022): Wie sieht die Energieversorgung von morgen aus? Wuppertal Institut. [https://wupperinst.org/fa/redaktion/downloads/news/220309\\_MF-Statement\\_Energieversorgung.pdf](https://wupperinst.org/fa/redaktion/downloads/news/220309_MF-Statement_Energieversorgung.pdf). Last access: 12 März 2022.
- Hagemeier, A. (2018): Messdatengestützte dynamische Simulation zur Analyse des Energieverbrauchs in Krankenhäusern. Dortmund: Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen der Technischen Universität Dortmund.
- Hagemeier, Anne; Schnier, Matthias; Beier, Carsten (2017): Hospital Engineering– Teilprojekt „Energieeffizienz“. Energetische Modellierung von Krankenhäusern für Transparenz und

Energieeinsparung. Oberhausen: Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik -UMSICHT-.,

Hauser, E.; Heib, S.; Hildebrand, J.; Rau, I.; Guldenberg, J.; Mundt, J.; et al. (2019): Marktanalyse Ökostrom II Marktanalyse Ökostrom und HKN, Weiterentwicklung des Herkunftsnachweissystems und der Stromkennzeichnung. Abschlussbericht No. 30/2019. CLIMATE CHANGE. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

Health Care Climate Action (2014): Germany. Health Sector Emissions Fact Sheet. [https://healthclimateaction.org/fact-sheets/en/English%](https://healthclimateaction.org/fact-sheets/en/English%20)

Irrek, W.; Seifried, D. (2008): Der grüne Schein. (Bund der Energieverbraucher e.V., Hrsg.)Energiedepesche 22(03–2008).

IT NRW (2022): NRW: Mehr als 80 Prozent der Erwerbstätigen aus kleinen Gemeinden pendelten 2016 mit dem Pkw zur Arbeit. <https://www.it.nrw/nrw-mehr-als-80-prozent-der-erwerbstaetigen-aus-kleinen-gemeinden-pendelten-2016-mit-dem-pkw-zur>

Karliner, J.; Slotterback, S.; Boyd, R.; Ashby, B.; Steele, K. (2019): How the Health Sector Contributes to the Global Climate Crisis and Opportunities for Action. Health Care Without Harm (HCWH) and ARUP.

Koch, S.; Pecher, S. (2020): Neue Herausforderungen für die Anästhesie durch den Klimawandel. *Der Anaesthetist* 69(7)453–462. doi: 10.1007/s00101-020-00770-1.

Langrock, T.; Achner, S.; Jungbluth, C.; Marambio, C.; Michels, A.; Weinhard, P.; Baumgart, B.; Otto, A. (2015): Potentiale regelbaren Lasten in einem Energieversorgungssystem mit wachsendem Anteil erneuerbarer Energien. UBA-Bericht No. 19/2015. CLIMATE CHANGE. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

Lehmkuhl, D. (2019): Das Thema Klimawandel und seine Bedeutung im Gesundheitssektor: Entwicklung, Akteure, Meilensteine. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 62(5)546–555. doi: 10.1007/s00103-019-02935-9.

Maaß, C.; Werner, R.; Mundt, J.; Häsele, S. (2019): Ökostrommarkt 2025 Wie eine intelligente Steuerung des Ökostrommarktes die Energiewende beschleunigt. Hamburg Institut. <https://www.hamburg-institut.com/projects/oekostrommarkt-2025-wie-eine-intelligente-steuerung-des-oekostrommarkts-die-energiewende-beschleunigt-2/>

Matthies, E.; Hansmeier, N. (2010): Optimierung des Energienutzungsverhaltens in Organisationen - Das Beispiel der Ruhr-Universität Bochum. *Umweltpsychologie* 1476–97.

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft (Hrsg.) (2016): Energieeffizienz in Gesundheitseinrichtungen – Erfolgsbeispiele aus Baden-Württemberg (2. Auflage.). Stuttgart. [https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2\\_Presse\\_und\\_Service/Publikationen/Energie/2016\\_Energieeffizienz\\_in\\_Gesundheitseinrichtungen.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/2016_Energieeffizienz_in_Gesundheitseinrichtungen.pdf)

Möbius, D. (2021): Mehrwegkittel, sterilisierbare Instrumente und Milchflaschen aus Glas. <https://tu-dresden.de/tu-dresden/newsportal/universitaetsjournal/artikel-uj/mehrwegkittel-sterilisierbare-instrumente-und-milchflaschen-aus-glas>

Modellregionen Elektromobilität (2016): Abschlussbericht: Bewertung der Praxistauglich-

keit und Umweltwirkungen von Elektrofahrzeugen. Berlin. [https://www.starterset-elektromobilitaet.de/content/3-Infothek/2-Publikationen/41-abschlussbericht-bewertung-der-praxistauglichkeit-und-umweltwirkungen-von-elektrofahrzeugen/now\\_handbuch\\_elektrofahrzeuge\\_web.pdf](https://www.starterset-elektromobilitaet.de/content/3-Infothek/2-Publikationen/41-abschlussbericht-bewertung-der-praxistauglichkeit-und-umweltwirkungen-von-elektrofahrzeugen/now_handbuch_elektrofahrzeuge_web.pdf)

Öko Institut (o. J.): Kostenrechner für Elektrofahrzeuge. <https://emob-kostenrechner.oeko.de/#/>

Ökostrom (2022): Wikipedia. <https://de.wikipedia.org/w/index.php?%96kostrom&oldid=220020368>. Last access: 11 März 2022.

Ostertag, K.; Bratan, T.; Gandenberger, C.; Hüsing, B.; Pfaff, M. (2021): Ressourcenschonung im Gesundheitssektor - Erschließung von Synergien zwischen den Politikfeldern Ressourcenschonung und Gesundheit. Umweltbundesamt Texte 15/2021. Dessau. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-01-25\\_texte\\_15-2021\\_ressourcenschonung\\_gesundheitssektor.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-01-25_texte_15-2021_ressourcenschonung_gesundheitssektor.pdf)

Passivhaus Institut (o. J.): Nearly Zero Energy Building? Das Passivhaus gibt eine Antwort. [ ]. [https://passipedia.de/grundlagen/energieeffizienz\\_als\\_wichtigste\\_kuenftige\\_energiequelle/nearly\\_zero\\_energy\\_building\\_das\\_passivhaus\\_gibt\\_eine\\_antwort](https://passipedia.de/grundlagen/energieeffizienz_als_wichtigste_kuenftige_energiequelle/nearly_zero_energy_building_das_passivhaus_gibt_eine_antwort). Last access: 25 März 2022.

Reddemann, A. (2021): Nachhaltig in die Zukunft. Wie ist die Umsetzung eines Green Hospitals möglich? No. KU special November 2021.

Reinhardt, G.; Gärtner, S.; Wagner, T. (2020): Ökologische Fußabdrücke von Lebensmitteln und Gerichten in Deutschland. Heidelberg: ifeu. <https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Reinhardt-Gaertner-Wagner-2020-Oekologische-Fu%C3%9Fabdruecke-von-Lebensmitteln-und-Gerichten-in-Deutschland-ifeu-2020.pdf>

Ryan, S. M.; Nielsen, C. J. (2010): Global Warming Potential of Inhaled Anesthetics: Application to Clinical Use. *Anesthesia & Analgesia* 111(1)92–98. doi: 10.1213/ANE.0b013e3181e058d7.

Samadi, S. (2022): SCI4Climate.NRW: Quantitativer Vergleich aktueller Klimaschutzszenarien für Deutschland. energy4climate. pdf-Datei, . [https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publikationen/Ergebnisse\\_SCI4climate.NRW/Szenarien/2022/sci4climatenrw-samadi-2022-vergleich-aktueller-klimaschutzszenarien-fuer-deutschland-aktuell.pdf](https://www.energy4climate.nrw/fileadmin/Service/Publikationen/Ergebnisse_SCI4climate.NRW/Szenarien/2022/sci4climatenrw-samadi-2022-vergleich-aktueller-klimaschutzszenarien-fuer-deutschland-aktuell.pdf). Last access: 15 März 2022.

Samadi, S.; Kobiela, G.; Koska, T.; Kurwan, J.; März, S.; Schüwer, D.; Tönjes, A. (2021): Wie Deutschland bis 2035 klimaneutral werden kann. In J. W\`ekel (Hrsg.), *Stadt Denken* 5. Berlin: Wasmuth & Zohlen. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:wup4-opus-77837>

Samadi, S.; Lechtenböhrmer, S. (2022): Klimaneutralität bis 2045 : Vergleich der Entwicklungen im Energiesystem in aktuellen Szenarien für Deutschland. *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 72(3)31–35.

Scharp, M.; Engelmann, T.; Muthny, J. (2019): KEEKS-Leitfaden für die klimaschonende Schulküche. Friedberg: Faktor 10 - Institut für nachhaltiges Wirtschaften, IZT - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung.

Snyder-Ramos, S.; Dickhoff, A. (2022): Fact-Sheet: Klimaschutz und Narkosegase. BUND e.V. [https://www.klik-krankenhaus.de/fileadmin/user\\_upload/bilder/Meldungen/Fact-](https://www.klik-krankenhaus.de/fileadmin/user_upload/bilder/Meldungen/Fact-)

Sheet\_Narkosegase\_und\_Klimaschutz\_InDesign.pdf

SPD, BÜNDNIS 90 / DIE GRÜNEN und FDP (Hrsg.) (2021): Mehr Fortschritt wagen Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit - Koalitionsvertrag 2021 – 2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), BÜNDNIS 90 / DIE GRÜNEN und den Freien Demokraten (FDP).

Stadt Wuppertal (2019): SessionNet | Beschaffung von Ökostrom für die städtischen Liegenschaften. [https://ris.wuppertal.de/vo0050.php?\\_\\_kvonr=23394](https://ris.wuppertal.de/vo0050.php?__kvonr=23394). Last access: 23 Februar 2022.

Stiftung Viamedica (2009): Erneuerbare Energien und Energieeffizienz in deutschen Kliniken. Klinergie 2020.

Tews, K.; Schumacher, K.; Saupe, A.; Zacharias-Langhans, K. (2020): Arbeitshilfe zur Ermittlung der Treibhausgasmindern. Berlin: BMU, Nationale Klimaschutzinitiative.

Tippkötter, R.; Schüwer, D. (2003): Rationelle Energienutzung in Krankenhäusern: Leitfaden für Verwaltung und Betriebstechnik (1. Aufl.). Wiesbaden: Vieweg.

Tippkötter, R.; Wallschlag, B. (2010): Leitfaden Energieeffizienz für Krankenhäuser.

Universitätsklinikum Carl Gustav Carus (2016): Uniklinikum erneut als ökologisches Krankenhaus ausgezeichnet 3.

Vergleich.de Gesellschaft für Verbraucherinformation mbH (o. J.): Altes Haus sanieren: Ablauf, Kosten und Förderung. <https://www.vergleich.de/altes-haus-sanieren.html>. Last access: 10 März 2022.

WSW (o. J.): Happy Power Hour - Der dynamische Stromtarif. <https://www.wsw-online.de/happy-power-hour/startseite/>. Last access: 22 Februar 2022.

Zeiss, C.; Barthel, C.; Bierwirth, A.; Esken, A.; Hanke, T.; Jansen, U.; et al. (2015): Klimaschutzkonzept des Landes Rheinland-Pfalz. Mainz: Ministerium für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung.

Zuegge, K. L.; Bunsen, S. K.; Volz, L. M.; Stromich, A. K.; Ward, R. C.; King, A. R.; et al. (2019): Provider Education and Vaporizer Labeling Lead to Reduced Anesthetic Agent Purchasing With Cost Savings and Reduced Greenhouse Gas Emissions: Anesthesia & Analgesia 128(6)e97–e99. doi: 10.1213/ANE.0000000000003771.