



STIFTUNG MÜNCH

Handlungsleitfaden zu energiesparenden
Ansätzen und Technologien

ENERGIEEFFIZIENZ IM KRANKENHAUS



INHALT

Vorwort	3
Herausforderungen und Trends: Was kommt auf die Krankenhäuser zu?	4
Status quo: Wie energieeffizient sind die Krankenhäuser schon?	8
Schritte und Maßnahmen zu mehr Energieeffizienz	14
Energiesparendes Handeln	18
Licht und Beleuchtung	22
Zirkulations- und Umwälzpumpen	26
Sonnenenergie und Photovoltaik	30
Raumklima und Kühlung	34
Energie aus Blockheizkraftwerken	38
Heiz- und Dampfkessel	44
Dämmung von Gebäuden	46
Ausblick: Jetzt anfangen!	50
Literatur	54
Impressum	55

VORWORT

„Den Zugang zu medizinischer Versorgung für alle Menschen erhalten, ohne dass Leistungen rationiert werden – das ist das Ziel der Stiftung Münch.“

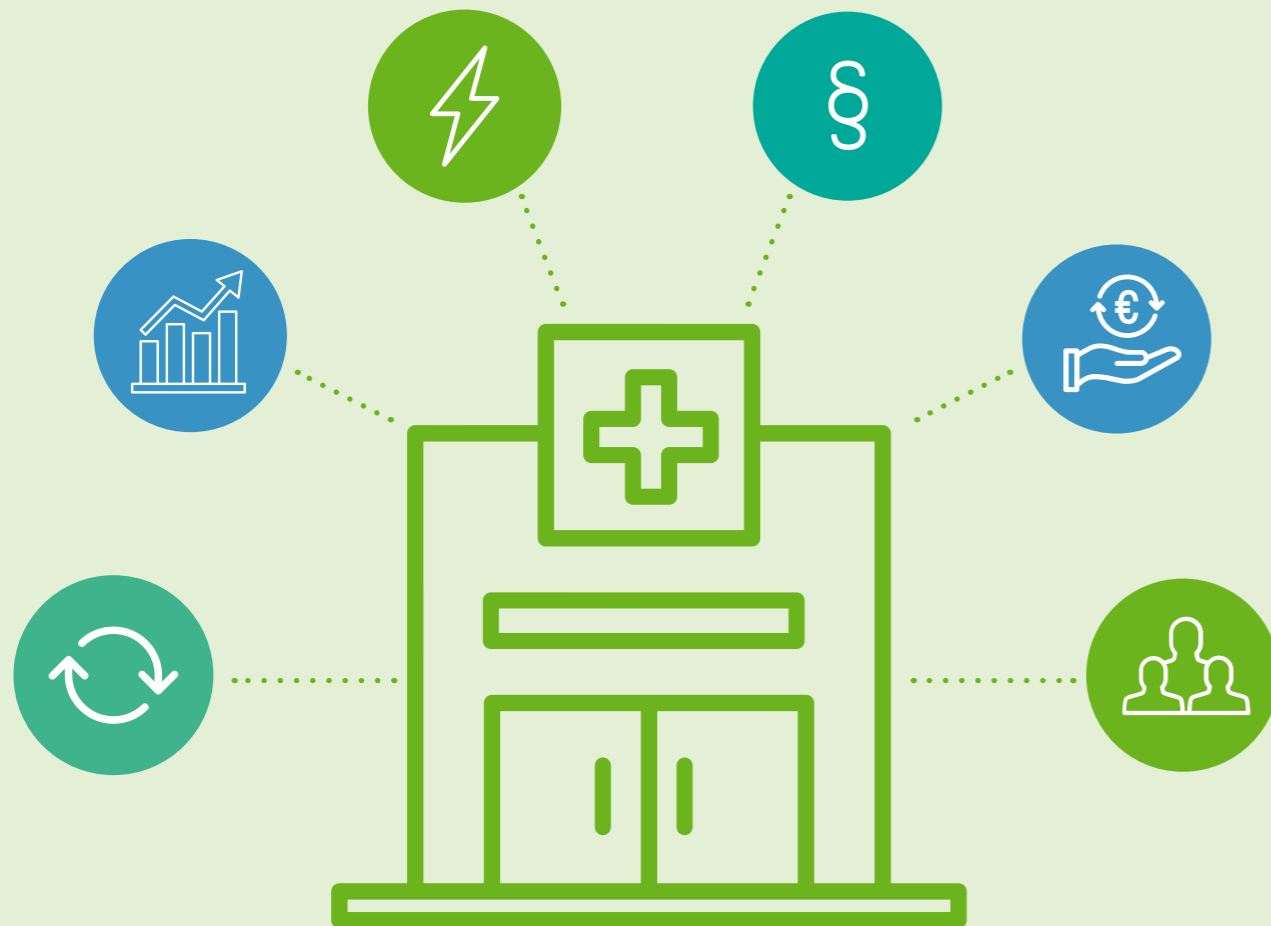
Immer weniger stationäre Fälle, fehlendes Personal, stockende Lieferketten und Energiepreise auf dem Höchststand – das Jahr 2022 zehrte an den Kräften deutscher Krankenhäuser. Schätzungen der Deutschen Krankenhausgesellschaft gehen von knapp sechs Mrd. EUR Mehrkosten allein für Energie von 2021 bis 2023 aus. Die Volatilität von Energiepreisen, die Wende zu regenerativen Energieträgern und der schleichende Klimawandel zwingen jetzt zum Handeln.

Krankenhäuser benötigen enorme Energiemengen für ihren Dauerbetrieb, insbesondere für Strom, Wärme und Kälte, aber auch für Dampf und Druckluft. Dadurch können selbst kleinere Preisschwankungen große Auswirkungen haben und daher ist es sinnvoll, energiesparende Ansätze und Technologien zu suchen, zu prüfen und einzusetzen. Das spart nicht nur Geld, sondern macht auch resilienter gegenüber Preiskrisen und reduziert die Treibhausgasemissionen.

Doch das Wissen um Energieeffizienz ist häufig nicht dort, wo es eigentlich sein sollte: in den Krankenhäusern. Zu selten ist dort bekannt, welche Energieeffizienz-Maßnahmen sinnvoll sind, was man einsparen kann und wie und wo man anfangen soll. Die vorliegende Broschüre trägt die Erkenntnisse und Erfahrungen aus verschiedenen Gebieten zusammen: der Forschung, dem Ingenieurwesen und der Technik, der Krankenhausgeschäftsführung und von Energieexperten. Sie hilft damit auf den ersten Schritten zu mehr Energieeffizienz.

Prof. Dr. Boris Augurzky

Diese Broschüre hat den Anspruch, komplexe Zusammenhänge in einfacher und verständlicher Sprache darzustellen. Sie lehnt sich daher an die gesprochene Sprache an und verzichtet auf eine wiederkehrende explizite Nennung weiblicher, männlicher und anderer Geschlechteridentitäten bei personenbezogenen Begriffen.



HERAUSFORDERUNGEN UND TRENDS: WAS KOMMT AUF DIE KRANKENHÄUSER ZU?

- ▶ Krankenhäuser haben aktuell viele Herausforderungen zu bestehen, insbesondere Strukturwandel, Personalmangel, Inflation und häufige Gesetzesänderungen.
- ▶ Heute schon ist das Thema Energie relevant, die Energiepreise sind stark gestiegen und schwanken in hohem Maße.
- ▶ Es wird morgen noch wichtiger, denn hohe Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen durch fossile Energieträger werden zunehmend teurer.

KRANKENHÄUSER VOR VIELEN HERAUSFORDERUNGEN

Krankenhäuser in Deutschland stehen vor immensen Herausforderungen. Seit vielen Jahren befinden wir uns in einem demografischen Wandel. Die Bevölkerung altert, immer mehr Menschen gehen in Rente und der Nachwuchs schrumpft. Ein **Fachkräftemangel** ist daher in vielen Branchen, darunter in Krankenhäusern, **spürbar**. Derzeit kämpfen die Krankenhäuser noch mit den **Folgen der Covid-19-Pandemie**. Die Zahl der stationär versorgten Menschen ist während der Pandemie stark gesunken und verharrt weiterhin auf niedrigem Niveau. Die **Auslastung** vieler Krankenhäuser ist damit zu gering, um wirtschaftlich arbeiten zu können. Denn die Personal- und Sachkosten sind indessen nicht gesunken, sondern sogar stark gestiegen.

Gleichwohl sind Potenziale zur Verbesserung der Versorgungsqualität und -effizienz vorhanden. Diese Potenziale liegen u.a. in der **Ambulantisierung, Zentralisierung** und **Schwerpunktbildung**. Beispielsweise könnten schon heute viele im Krankenhaus stationär durchgeführte Leistungen auch ambulant erbracht werden. Jedoch sind solche ambulant erbringbaren stationären Fälle in der Regel komplexer und aufwändiger als der typische derzeitige ambulante Fall. Der Koalitionsvertrag für die Legislaturperiode 2021-2025 spricht viele dieser Themen an, bleibt aber in vielen Aussagen generisch. Konkrete Reformansätze hat im Dezember 2022 die Regierungskommission für eine moderne und bedarfsgerechte Krankenhausversorgung vorgelegt, die Stellschrauben für eine bessere Versorgungssituation benennt.

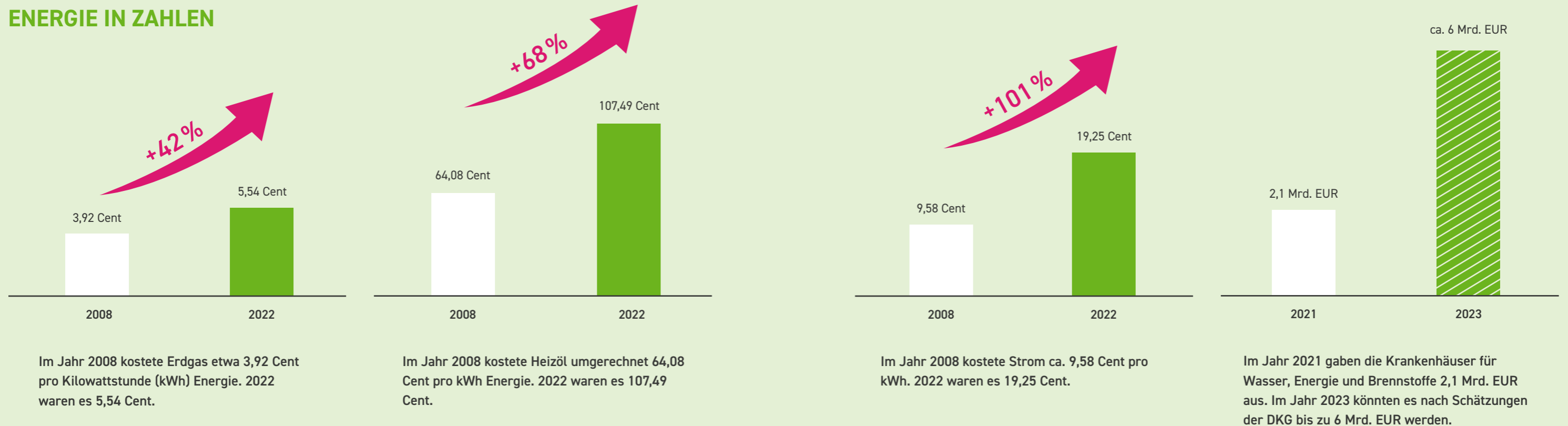
ENERGIEEFFIZIENZ IST NEUE HERAUSFORDERUNG

Neben all diesen Herausforderungen spielten Energieverbrauch und -effizienz für viele Krankenhäuser lange Zeit nur eine untergeordnete Rolle. Denn die Energieausgaben für Strom, Wärme und Kälte sowie Dampf und Druckluft machten weniger als ein bis zwei Prozent (durchschnittlich 1,1 Mio. EUR pro Haus) an den Gesamtausgaben eines Hauses aus. Anders bei den Personalkosten: Ihr Anteil beträgt rund 62 %. Daher zielten Optimierungsmaßnahmen in der Regel darauf ab, Personal im Krankenhaus möglichst effizient einzusetzen, zum Beispiel durch eine Verbesserung der Arbeitsprozesse. Doch die seit 2022 anhaltend hohen Energiepreise rücken die Energieeffizienz von Häusern immer stärker in den Vordergrund. Jedoch gibt es weitere Gründe, warum Energieeffizienz eine zunehmende Bedeutung erlangen wird.

Energiepreise sind volatil

Energiepreise reagieren empfindlich auf geopolitische und gesellschaftliche Ereignisse. Die **Energiepreiskrise** im Zusammenhang mit dem Ukraine-Krieg führte dieses Problem vor Augen. Krankenhäuser benötigen durch ihre technischen Anlagen und Geräte im Dauerbetrieb konstant hohe Energiemengen: Ein Haus mit 400 aufgestellten Betten hat einen jährlichen Wärmeenergiebedarf von rund 10 Mio. kWh und einen Strombedarf von 3 Mio. kWh. Selbst kleinere Energiepreissteigerungen können absolut gesehen zu hohen Mehrausgaben führen. Das Vergütungssystem der Krankenhausbetriebskosten (DRG-System) gleicht unterjährige Preisschwankungen nur mit zweijähriger Latenz aus. Bei geringen Rücklagen und niedrigen Überschüssen können plötzliche Preisschocks nicht aus eigener Kraft vollständig aufgefangen werden. Manche Häuser können dadurch in Liquiditätsschwierigkeiten oder sogar in die Insolvenz geraten.

ENERGIE IN ZAHLEN



Quellen: Statistisches Bundesamt 2022a und 2022b, Deutsche Krankenhausgesellschaft 2022

Fossile Energieträger werden teurer

Hinzu kommt, dass die Europäische Union (EU) und Deutschland eine umfassende **Energiewende** anstreben: Es soll eine sichere, wirtschaftliche und umweltverträgliche Energieversorgung hergestellt werden. In diesem Zuge soll der Verbrauch fossiler Energieträger, insbesondere Erdöl, Erdgas und Kohle, gesenkt werden. Die meisten Krankenhäuser nutzen aktuell noch überwiegend fossile Energieträger. Energie aus regenerativen Quellen soll hingegen ausgebaut werden, wozu etwa Wind-, Wasser- und Sonnenenergie zählen. Im Zuge der Energiewende wird Energie aus fossilen Energieträgern zunehmend teurer. Dafür sorgen die Emissionshandelssysteme der EU (EU-ETS für Energiewirtschaft, energieintensive Industrie und EU-Flugverkehr) bzw. Deutschlands (nEHS für Verkehr und Gebäude). Für das Inverkehrbringen von etwa Erdgas, Heizöl und anderen fossilen Brennstoffen müssen in Deutschland CO₂-Zertifikate erworben werden. Gemäß Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) müssen sie in dem Umfang erworben werden, wie CO₂-Äquivalente (CO₂e) durch die Nutzung der Brennstoffe freigesetzt werden. Seit 2023 gilt ein festgelegter Preis von 30 EUR pro Tonne CO₂e, ab 2026 von mindestens 55 EUR.

Die Kosten für die Zertifikate werden über die Preise an die Kunden weitergegeben, so auch an Krankenhäuser. Zukünftig sollen diese Preise nicht mehr politisch gedeckelt sein, sondern auf dem freien Markt in einer Auktion gehandelt werden.

Treibhausgasemissionen müssen reduziert werden

Schließlich wirft auch der durch Treibhausgase induzierte **Klimawandel** die Frage auf, wie Krankenhäuser Energie sparen und damit Treibhausgasemissionen reduzieren können. Die Bestimmungen des Bundesklimaschutzgesetzes zielen auf die Klimaneutralität im Jahr 2045 ab. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen sämtliche Industrie- und Wirtschaftszweige ihre Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) drastisch reduzieren. Krankenhäuser sind davon nicht ausgenommen. Sie zählen zu den ressourcenhungrigen Großverbrauchern: Zusammen mit Rehakliniken, Arztpraxen und anderen Gesundheitseinrichtungen verursachen sie etwa 5,2% der nationalen THG-Emissionen pro Jahr. Das entspricht knapp 60 Mio. Tonnen CO₂e. Um ihre Emissionslast zu senken, müssen sie unbedingt Energie sparen, aber auch ihre fossilen Energieträger durch regenerative Energiequellen ersetzen.

Umweltwirkungen erfordern Berichterstattung

Dadurch begründet sich auch, dass Krankenhäuser zunehmend Rechenschaft über ihre Umweltwirkungen ablegen müssen. Zu den wichtigsten **Berichtspflichten** zählen insbesondere:

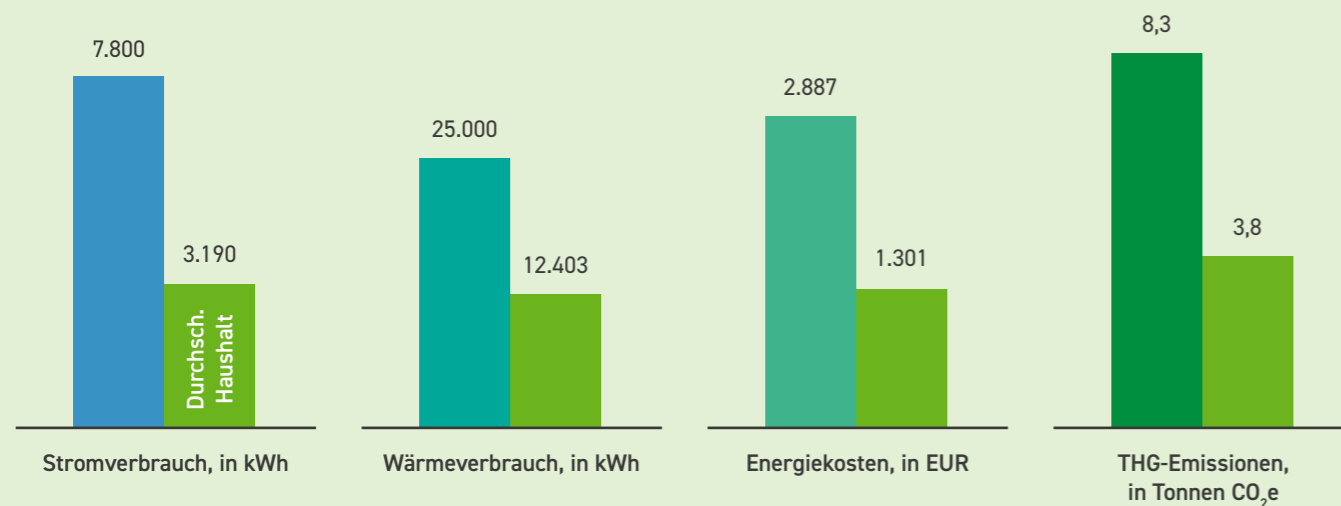
- **EDL-G (Energiedienstleistungsgesetz):** Größere Krankenhäuser müssen alle vier Jahre ein Energieaudit durchführen. Hierbei misst ein externer Energieauditor Energieverbräuche und weist auf Einsparpotenziale im Betrieb hin. Die Implementierung eines zertifizierten Energie- oder Umweltmanagementsystems (z. B. Eco-Management and Audit Scheme, EMAS) kann dieses Audit ersetzen.
- **Non-Financial Reporting Directive (NFRD):** Diese EU-Richtlinie verpflichtet bereits heute große, börsennotierte Unternehmen zu einem erweiterten Berichtswesen. Dabei müssen die Auswirkungen der Geschäftstätigkeit auf die ökologische und soziale Nachhaltigkeit dargelegt und eine verantwortungsvolle Unternehmensführung nachgewiesen werden. Unter anderem müssen nicht nur Energieverbräuche

und entsprechende THG-Emissionen beziffert, sondern auch Maßnahmen zu ihrer Reduktion benannt werden.

- **Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD):** Diese EU-Richtlinie ersetzt ab 2023 die NFRD. In diesem Zuge werden ab 2025 auch nicht-börsennotierte Unternehmen, darunter viele Krankenhäuser, einen umfassenden Nachhaltigkeitsbericht verfassen müssen.

Es gibt also mehr als genug Gründe, sich besser heute als morgen mit dem Thema Energieeffizienz zu befassen.

ENERGIEVERBRÄUCHE UND -KOSTEN SOWIE THG-EMISSIONEN PRO KRANKENHAUSBETT UND JAHR, DEUTSCHLAND



Anmerkung: Für die Berechnung der Energiekosten wurde der deutsche Strommix von 2022 unterstellt. Mehrwertsteuer wurde nicht berücksichtigt. Wärmekosten setzen den Gaspreis von 2022 an.
Quelle: Umweltbundesamt 2022, Statistisches Bundesamt 2022e, Fraunhofer UMSICHT 2017.

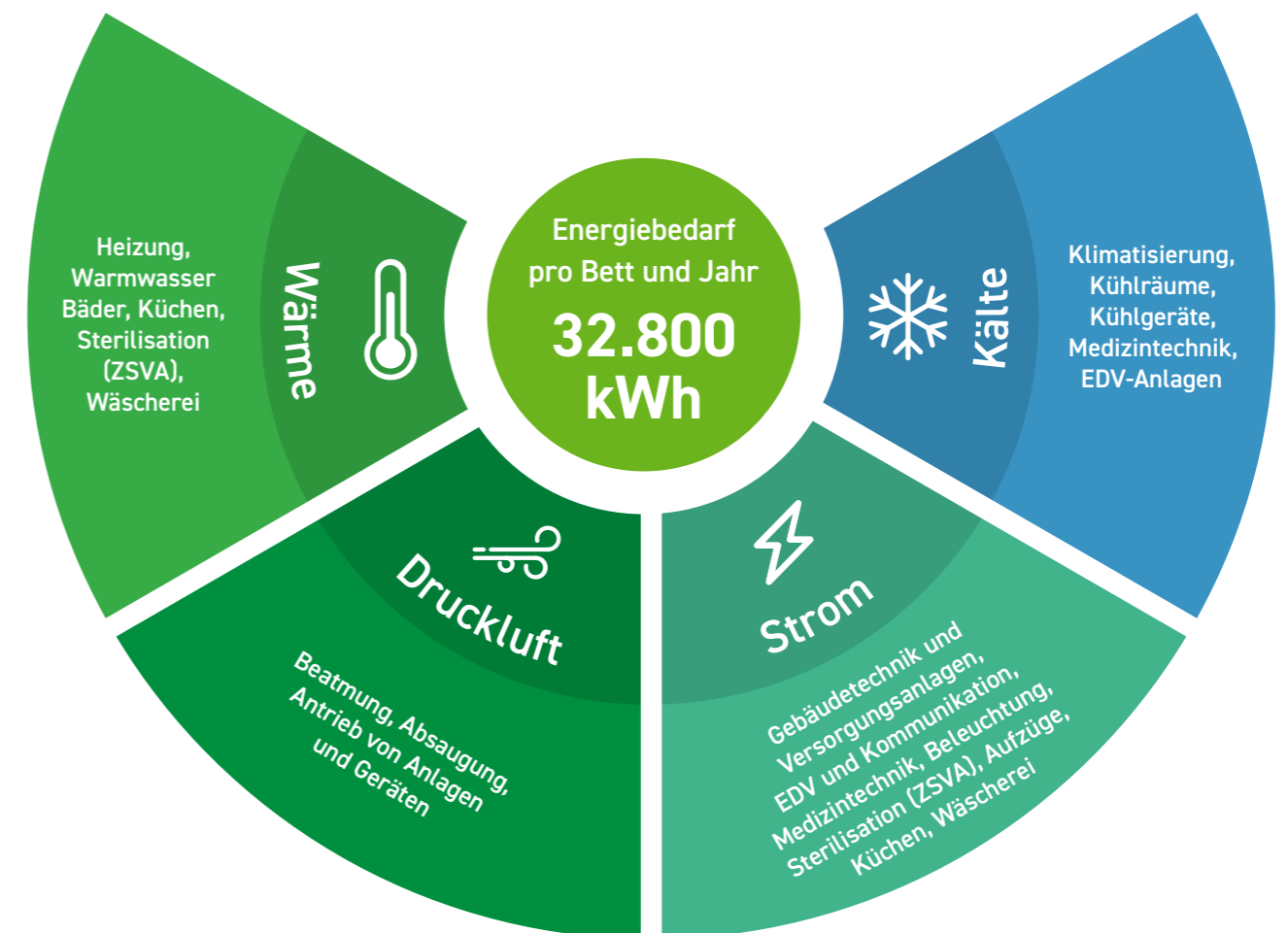
STATUS QUO: WIE ENERGIEEFFIZIENT SIND DIE KRANKENHÄUSER SCHON?

- ▶ Krankenhäuser haben einen hohen Bedarf an Energie in unterschiedlichen Formen. Die Hauptenergieträger sind Strom und Gas.
- ▶ Aufgrund eines großen Investitionsstaus weisen viele Häuser eine veraltete Bausubstanz und unzeitgemäße Gebäudetechnik vor.
- ▶ Daher liegen Effizienzpotenziale grundsätzlich in allen Energiebereichen vor, die auf verschiedenen Wegen realisiert werden können.

Für den ordnungsgemäßen Betrieb benötigen Krankenhäuser viel Energie, pro Krankenhausbett schätzungsweise 32.800 kWh im Jahr. Diese Kenngröße dient jedoch nur zur Orientierung. Beispielsweise haben große Häuser mit speziellen medizintechnischen Apparaten (z. B. Nuklearmedizin und Strahlentherapie) ungleich höhere Energiebedarfe. Auch entscheiden die Beschaffenheit der Bausubstanz und der technischen Gebäudeausrüstung über den tatsächlichen Energiebedarf.

Ein großer Anteil der Energieausgaben wird für elektrischen **Strom** verwendet. Aufzüge, Raumbeleuchtung, EDV sowie viele weitere Anlagen und Geräte benötigen Strom. Und zwar nicht nur für den tatsächlichen Betrieb, sondern oft auch für die Bereitschaft im Standby-Modus. Daneben muss an kühleren Tagen und im Winter viel Energie für **Wärme** aufgebracht werden, um die Räumlichkeiten ausreichend zu heizen. Wärme-

energie ist etwa auch für die Warmwasseraufbereitung, die Wäscherei oder Küche erforderlich. In anderen Fällen ist Energie in Form von **Kälte** notwendig, z. B. zur Klimatisierung von OP-Sälen, Kühlräumen und technischen Geräten sowie zur Kühlung der Patientenzimmer im Sommer. Schließlich wird Energie auch für die Bereitstellung von **Wasserdampf** und **Druckluft** benötigt. Ersteres etwa für die Zentrale Sterilgutversorgungsabteilung (ZSVA), zweiteres insbesondere zum Betrieb von Beatmungs- und Absaugungsgeräten. Ein Krankenhaus kann den Verbrauch dieser Energiearten senken und damit seine Energieeffizienz erhöhen. Im ersten Schritt muss es schauen, wofür und wie viel Energie jeweils benötigt wird. Daraus kann es im nächsten Schritt ableiten, wo sich Einsparungen realisieren ließen. Der mengenmäßig größte Verbrauch liegt mit ca. 75 % bei der Wärmeenergie. Doch preisbedingt sind die Ausgaben für Stromenergie wesentlich höher.



Quelle: Energieagentur 2009

Erfahrungsgemäß haben die Krankenhäuser in Deutschland sehr unterschiedliche bauliche und organisatorische Ausgangslagen. Einschlägige Studien dazu sind kaum vorhanden. Vorliegende Studien deuten jedoch darauf hin, dass es noch einige Effizienzpotenziale gibt. So geht etwa aus einer Befragung von Krankenhäusern aus dem Jahr 2021 durch das Deutsche Krankenhaus Institut (DKI) hervor, dass von diesen ...

- ▶ 73 % keine Anreize zur Energieeinsparung beim Personal schaffen,
- ▶ 34 % energiesparende Beleuchtungssysteme krankenhausesweit einsetzen,
- ▶ 61 % automatische Heizungsregler verwenden,
- ▶ 57 % Strom- und Wärmeenergie durch ein Blockheizkraftwerk beziehen und
- ▶ 14 % Eigenstrom durch Photovoltaik erzeugen.

Ferner zeigt eine ältere Befragung des DKI aus dem Jahr 2013, dass von allen befragten Krankenhäusern etwa 88 % Erdgas, 50 % Heizöl sowie 50 % Fernwärme und 9 % Nahwärme als Wärmeenergieträger nutzen.

CONTRACTING

Unter Contracting versteht man im Allgemeinen ein Dienstleistungskonzept, bei dem das Energiemanagement bzw. die Energieversorgung an einen Dienstleister ausgegliedert werden. Dies kann in unterschiedlichem Umfang erfolgen und die Planung, Finanzierung, Bauausführung und/oder den laufenden Betrieb von Energieeffizienz-Projekten einbeziehen. Vorteile für Krankenhäuser als Contracting-Nehmer liegen darin, dass Projekte ohne eigene Investitionsbemühungen umgesetzt werden können. Der Leistungsumfang kann dabei auch Betrieb, Instandhaltung und Wartung beinhalten.

Das **Energiespar-Contracting** (auch: Performance-Contracting) beinhaltet ein Energiesparkonzept mit verbindlichen Einspargarantien in Höhe von etwa 20 bis 25 % für Strom, Erdgas, Heizöl oder Wasser.

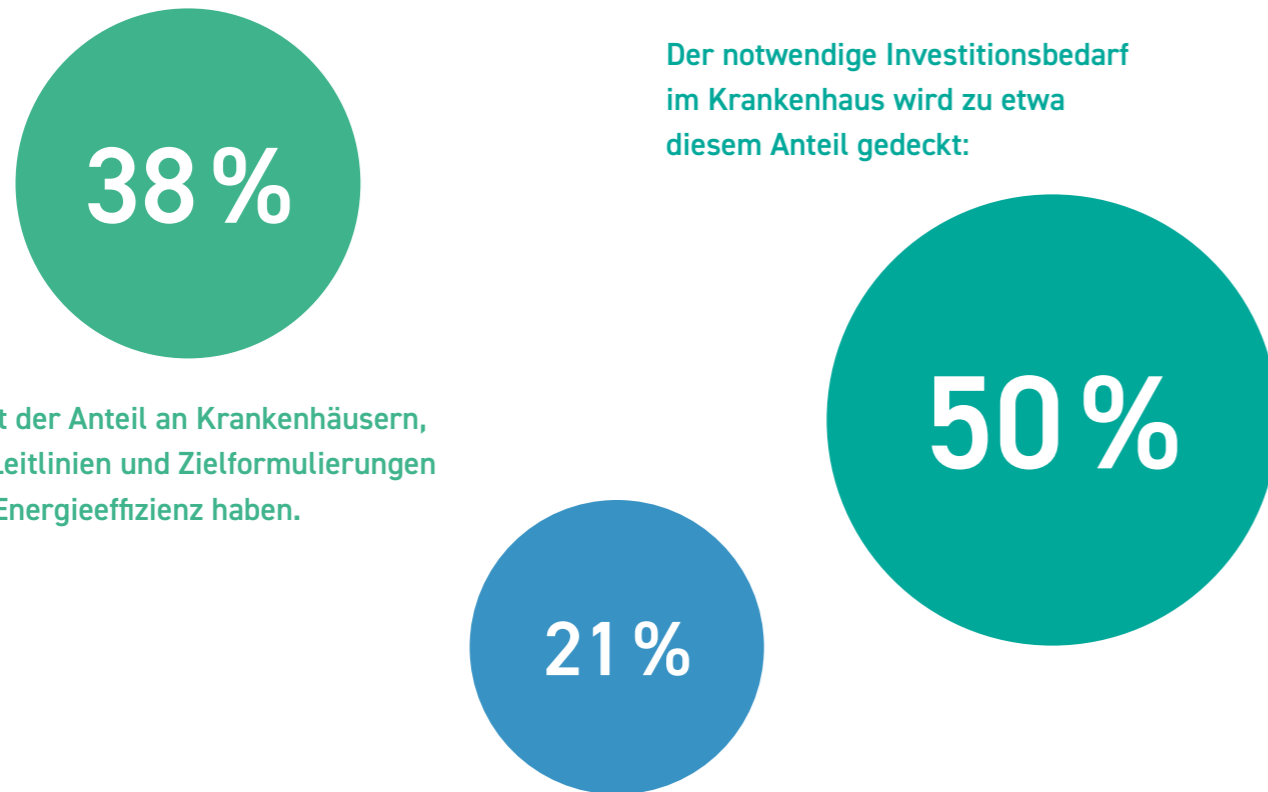
Der Energiedienstleister erhält dafür eine erfolgsabhängige Vergütung der Dienstleistung. Beim **Finanzierungs-Contracting** übernimmt ein Energiedienstleister die Planung und Finanzierung der technischen Anlagen eines Krankenhauses. Der Betrieb der Anlagen wird jedoch vom Krankenhaus übernommen. Weiter geht hier das **technische Anlagenmanagement**: Der Energiedienstleister übernimmt dabei die Verantwortung für die Betriebsführung, um die technischen Anlagen zu optimieren.

Energieberatungen und Contracting-Orientierungsberatungen werden derzeit (2023) mit staatlichen Zuschüssen gefördert. Über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) können Beratungszuschüsse in Höhe von max. 10.000 EUR beantragt werden.

Beide Erhebungen zeigen durchaus Handlungsfelder auf: **Energiesparendes Handeln** muss umgesetzt werden, auch unterstützt durch Automation und intelligente Gerätesteuerung. Daneben basiert die **Gebäudeheizung** noch überwiegend auf Öl- und Gasheizungen, seltener wird Wärmeenergie durch effizientere Systeme wie Wärmepumpen bereitgestellt. Außerdem gibt es bei der Eigenerzeugung von Strom- und Wärmeenergie noch ungenutzte Potenziale, etwa durch **Blockheizkraftwerke** oder **Photovoltaik**. Ein hoher Anteil von Krankenhäusern hat zwar bereits energiesparende **Beleuchtung**, jedoch nur ein Drittel in wirklich allen Krankenhausbereichen.

Einen weitaus tieferen Einblick geben Untersuchungen des Fraunhofer-Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT). Beispielsweise wurden detaillierte Energiemengenmessungen an 20 Krankenhausstandorten durchgeführt. Es zeigte sich hier unter anderem, dass es große Einsparpotenziale bei Erneuerung von technischen Geräten und Anlagen gäbe, etwa bei der **Klima- und Kältetechnik** sowie bei **Zirkulations- und Umwälzpumpen**. Daneben stellte sich heraus, dass Anlagen und Geräte häufig nicht optimal eingestellt sind. Zum Beispiel können oft Luftströme bei Raumluftanlagen, Luftdrücke bei Kompressoren sowie Vorlauftemperaturen bei der Warmwasseraufbereitung verringert werden, um Energie zu sparen.

HOHE EINSPARPOTENZIALE VORHANDEN



Der notwendige Investitionsbedarf im Krankenhaus wird zu etwa diesem Anteil gedeckt:

... ist der Anteil an Krankenhäusern, die Leitlinien und Zielformulierungen zur Energieeffizienz haben.

... der Häuser nutzen innovative Finanzierungsmodelle wie Contracting.

Quelle: Krankenhaus Rating Report 2022, DKI 2022.

EINSPARUNGEN AUF VIELEN WEGEN MÖGLICH

Wenig ist hingegen über die Beschaffenheit der **Gebäudedämmung** von Krankenhäusern bekannt. Aus regelmäßigen Erhebungen des RWI Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung und dem Institute for Health Care Business (hcb) ist bekannt, dass die Investitionen von Krankenhäusern durch die öffentliche Hand nicht ausreichend sind. Während 1991 die öffentlichen Fördermittel für Investitionen etwa 10 % der Gesamterlöse der Krankenhäuser entsprachen, waren es 2020 nur noch 3,4 %. hcb und RWI gehen davon aus, dass der jährliche Investitionsbedarf zum Erhalt der Unternehmenssubstanz bei 7 bis 8 % liegen sollte. Nicht nur ist in den vergangenen Jahren die Förderquote zurückgegangen, sondern es hat sich ein großer Investitionsstau aufgebaut. Es kann davon ausgegangen werden, dass viele Häuser in Bezug auf Fassaden, Dächern sowie Fenstern und Verglasung nicht auf einem modernen Stand sind – ein Eindruck, den viele Experten aus der Branche teilen.

Investitionsstau und eine ungünstige Ertragslage der Krankenhäuser dürften begründen, dass bisher eher wenig in Energieeffizienz investiert wurde. Tatsächlich erfordern einige energiesparende Maßnahmen größere Investitionen. Doch das ist nicht immer so: Energie lässt sich bereits durch einige verhaltensbezogene Maßnahmen einsparen. Daneben amortisieren sich viele Investitionen innerhalb von wenigen Jahren dadurch, dass sie Energieausgaben reduzieren. Hinzukommt, dass es teilweise staatliche Zuschüsse für energetische Sanierungen gibt. Und selbst wenn höhere Investitionen notwendig sein sollten und die eigenen Mittel dafür nicht ausreichen, gibt es Wege: Durch das Finanzierungsmodell des **Contracting** lassen sich auch ohne Eigenmittel Maßnahmen finanzieren.

Tatsächlich wird Contracting aber noch nicht in dem Maße aufgenommen, wie man erwarten würde: Nur etwa jedes vierte Krankenhaus nutzt es. Experten zufolge tauchen in der Praxis oft zwei Vorbehalte auf:

- ▶ **„Nichts aus der Hand geben“:** Teile der technischen Betriebsführung werden grundsätzlich nicht an Externe ausgelagert. Dies wird mit der Befürchtung begründet, dass es zu Problemen in der Betriebssicherheit kommen könnte. Häufig trifft dies auf Häuser in öffentlicher Hand zu, bei denen (kommunal-)politische Aspekte hineinspielen
- ▶ **„Messbarkeit der Einsparungen“:** Energieeinsparungen sind bei einem komplexen Betrieb wie einem Krankenhaus nicht leicht zu beziffern. Oft verändern sich zwischenzeitlich Gebäudestrukturen und -nutzungen; auch werden neue Geräte und Anlagen in Betrieb genommen. Es kann dann messtechnisch schwierig sein, die kausalen Effekte der Energiesparmaßnahmen noch zu ermitteln.

In vielen Fällen können diese Vorbehalte in ersten Gesprächen mit Energiedienstleistern und Contractoren aus der Welt geschaffen werden. Zusammenfassend zeigt sich, dass es noch viele Potenziale für mehr Energieeffizienz in Krankenhäusern gibt. Nun stellt sich die Frage, welche Wege dorthin vorhanden sind. Darum ist der erste Schritt bzw. die erste Maßnahme zu mehr Energieeffizienz die Festlegung eines **Zielbilds**.

BEISPIEL: CONTRACTING

Als vor gut 10 Jahren die Marien Kliniken Siegen – St. Marien-Krankenhaus Siegen – auf Energiecontracting mit der GASAG Solution Plus setzten, lag das Hauptaugenmerk auf der Energiekosteneinsparung. Durch die neue Energieversorgung mit BHKW-Eigenstromerzeugung und einer neuen Dampfkonzepktion können seitdem gut 30 % Energiekosten pro Jahr eingespart werden und das ohne Investitionen durch die Kliniken. Das fast 20 % Kohlendioxid pro Jahr weniger emittiert werden, ist ein positiver Nebeneffekt.

Nun möchten die Marien Kliniken Siegen den nächsten Dekarbonisierungsschritt gehen. Die GASAG Solution Plus hat hierzu ein Gesamtkonzept entwickelt, welche sich derzeit in der Umsetzungsplanung befindet. Zentraler Bestandteil ist ein intelligentes

Energiekonzept von mehreren dezentralen Wärmepumpen, um die erheblichen Wärmeverluste in dem weit verzweigten Wärmenetz künftig zu vermeiden.

Für die übriggebliebene Dampfversorgung der Sterilisatoren werden Elektroschnelldampferzeuger installiert, was ebenfalls eine Effizienzsteigerung und Kostenreduktion mit sich bringt.

Der darauffolgende Schritt der Dekarbonisierung liegt schon bei den Marien Kliniken auf dem Tisch: Derzeit werden die Dachflächen auf mögliche Photovoltaik-Installationen geprüft, mindestens 150 kWp sollten möglich sein. Ein weiterer Schritt weg von fossilen Energien hin zu mehr Autarkie, CO₂-Reduktion und Preisstabilität.



KLIMAGERECHTE
GESUNDHEITSEINRICHTUNG

Klimaneutrales
Krankenhaus



GREEN
HOSPITAL

Passiv-
Krankenhaus

SCHRITTE UND MASS- NAHMEN ZU MEHR ENERGIEEFFIZIENZ

- ▶ Krankenhäuser sollten sich klar machen, welches Ziel sie mit Energieeffizienzmaßnahmen verfolgen. Es gibt mehrere Zielbilder zur Orientierung darüber, was man alles tun kann.
- ▶ Unabdingbar ist es, Energieverbräuche zu messen, Benchmarks zu setzen und darüber Einsparpotenziale zu identifizieren.
- ▶ Die Planung und Umsetzung von einzelnen Energiesparmaßnahmen sollte langfristig und nicht unabhängig von anderen Maßnahmen gedacht werden.

JEDER WEG
BRAUCHT EIN
ZIEL(BILD)

ZIELBILDER
AUCH FÜR
KLIMA-
NEUTRALITÄT
VORHANDEN

„Einfach mal machen“ – ein Satz, der angesichts enger Regulierung und gewachsener Bürokratie des Gesundheitswesens zum Schmunzeln anregt. Trotzdem ist es wichtig, Maßnahmen umzusetzen und zügig erste Erfolge beim Energiesparen zu erzielen. Aber zuvor sollte man doch einmal kurz darüber nachdenken, welches Ziel das Krankenhaus eigentlich erreichen möchte:

- ▶ Will es kurzfristig Energie sparen, ohne größere Investitionen zu tätigen?
- ▶ Soll investiert werden, um langfristig gegen Energiekrisen gewappnet zu sein?
- ▶ Oder will man in erster Linie Treibhausgasemissionen reduzieren?

Für Krankenhäuser gibt es einige Zielbilder, die Orientierung bieten und erforderliche Maßnahmen auf dem Weg dorthin benennen. **Green Hospital** ist wohl der bekannteste Ansatz: Ein Green Hospital soll die Gesundheit der Bevölkerung fördern, indem es seine negativen Einflüsse auf die Umwelt minimiert. Dazu soll die Verschwendung von Energie, Wasser und anderen Ressourcen sowie die Erzeugungen schädlicher Emissionen (Treibhausgase), (toxischer) Abfälle und weiterer negativer Umweltwirkungen (z. B. Bodenversiegelung) vermieden werden. Dahingehend ist es ein umfassender Ansatz, der weit über die reine Energieeffizienz hinausgeht. Zugleich erscheint er dadurch bei der Beschreibung von konkreten Maßnahmen etwas unspezifisch.

Einen stärkeren Fokus auf einen möglichst niedrigen Energiebedarf und somit auf bestmögliche Energieeffizienz legt der Ansatz des **Passiv-Krankenhauses**. Ein Haus in Passivhaus-Bauweise benötigt jährlich weniger als 15 kWh Heizwärme pro Quadratmeter Fläche. Zum Vergleich: Der gesetzliche Mindeststandard nach Gebäudeenergiegesetz (GEG) für Neubauten beträgt mehr als das Doppelte. Ein Krankenhaus in Passiv-Bauweise wurde erstmalig 2022 in Frankfurt Höchst fertig gestellt. Der Umbau des Bestands von veralteten Krankenhausgebäuden auf Passivhaus-Standard dürfte zwar meistens nicht möglich sein. Dennoch zeigt dieses Zielbild, wie sich mit einigen energetischen Maßnahmen ein komplexer Krankenhausbetrieb mit geringem Energieaufwand sicherstellen lässt.

Ein weiteres Zielbild liefert die Deutsche Allianz für Klimawandel und Gesundheit (KLUG). In ihrem Rahmenwerk für **klimagerechte Gesundheitseinrichtungen** werden Maßnahmen definiert, um klimafreundlich Gesundheitsleistungen zu erbringen. Dabei wird auch Energieeffizienz thematisiert, doch der Schwerpunkt liegt eher auf der Reduktion von Treibhausgasen. Im Fokus stehen dort Maßnahmen, die sich auf Lieferketten und Mobilität von Mitarbeitern beziehen. In eine ähnliche Richtung geht das Konzept des **klimaneutralen Krankenhauses**. Anders als im KLUG-Rahmenwerk wird hier ausdrücklich das Ziel der Klimaneutralität im Sinne des Bundesklimaschutzgesetzes angestrebt. Aber es werden auch einige energiesparende Maßnahmen behandelt.

Neben dem eigentlichen Ziel sollte auch die Ausgangslage bekannt sein, um auf dem Weg zum Ziel Fortschritte messen zu können. Dazu ist eine Form des **Energiemanagement** notwendig, z. B. nach DIN EN ISO 50001, das den Energieeinsatz und -verbrauch der Gebäude und Anlagen systematisch erfasst und handlungsleitend auswertet. Ein erster Schritt sollte ein **Benchmark** sein. Man vergleicht den eigenen Strom- und Wärmeverbrauch mit anderen Häusern ähnlicher Größenordnung. Dazu können etwa die Verbrauchskennwerte von Krankenhäusern nach VDI-Blatt 3807 genutzt werden.

FÖRDERMITTEL: ENERGIEMANAGEMENT

Die Einführung eines Energiemanagements wird öffentlich durch Zuschüsse und zinsbegünstigte Darlehen gefördert. Zum Beispiel kann im bundesweiten Programm „Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft“ der Erwerb, die Installation und die Inbetriebnahme von Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Sensorik und Energiemanagement-Software gefördert werden. Ansprechpartner sind im Falle von Zuschüssen das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), im Falle von Darlehen die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). Der Investitionszuschuss beläuft sich auf 30 bis 40 % der förderfähigen Investitionskosten (De-minimis-Regelung) bzw. der Investitionsmehr-

kosten (Art. 38 AGVO). Auch Energieberatungen sind in diesem Förderprogramm förderfähig.

Daneben gibt es einige landesspezifische Programme. In Baden-Württemberg werden im Programm „Klimaschutz-Plus“ über die Landesbank Zuschüsse für die Einführung eines Energiemanagements ausgezahlt, insbesondere auch an Krankenhäuser. Dazu gehören die fachliche Begleitung, Beschaffung und Installation von Messeinrichtungen und Energiemanagement-Software sowie die erstmalige Zertifizierung nach DIN EN ISO 50001. Hierbei werden 7 % der Investitionskosten bezuschusst.

Ein solcher Benchmark dient lediglich einer Ersteinschätzung, weil viele individuelle Faktoren eine Rolle spielen, z. B. Auslastung, Anzahl ambulanter und stationärer Fälle, Gebäudestrukturen, klimatische Bedingungen und vieles mehr. Wenn man einen solchen Benchmark nicht selbst vornehmen möchte, können externe Beratungen und Energiedienstleister unterstützen. Auch im Zuge einer Zertifizierung durch den BUND als „Energiesparendes Krankenhaus“ wird ein Benchmark vorgenommen.

Sobald man die eigenen Energieflüsse und -verbräuche einordnen kann und ein Zielbild definiert hat, können Maßnahmen bestimmt werden. Dabei ist es wichtig, verschiedene Maßnahmen zusammen zu denken und zu koordinieren. Warum das so ist, zeigt das folgende, überspitzt formulierte Beispiel. Eine neue Heizungsanlage wird auf Grundlage des jährlichen Heizlastprofils eines Krankenhauses ausgelegt. Schon zwei Jahre nach ihrer Anschaffung und Inbetriebnahme wird die Wäscherei des Hauses ausgegliedert. Ein weiteres Jahr später erfolgen Dämmmaßnahmen an Teilen der Gebäudehülle. Im Nachhinein hat sich der jährliche Heizbedarf merklich reduziert. Die Heizungsanlage ist nun überdimensioniert und verfehlt ihre Wirtschaftlichkeitsziele. Es wäre hier ratsam gewesen, zunächst andere Maßnahmen umzusetzen, zum Beispiel energiesparendes Handeln bei den Arbeitsprozessen

MASSNAHMEN ZUSAMMEN DENKEN



ENERGIESPARENDES HANDELN

- ▶ Die Mitarbeiter im Krankenhaus können durch ihr Handeln Energie sparen und somit Verschwendung vermeiden.
- ▶ Man sollte sie dabei unterstützen, indem Anlagen und Geräte möglichst automatisch und intelligent an- und abgeschaltet werden.
- ▶ Bei Beschaffungsprozessen von Medizintechnik sollte zunehmend ein Blick auf den Energiebedarf im Betrieb und in Betriebsbereitschaft (Standby) geworfen werden.

TYPISCHE ENERGIEVERLUSTE IM KRANKENHAUS



Quelle: hcb.

ENERGIE-SPAREN IN BETRIEBS-ABLÄUFEN VERANKERN

Manche Energieverschwendung wird durch das Handeln der Mitarbeiter im Krankenhaus hervorgerufen: Das Dauerlüften durch gekippte Fenster bei gleichzeitig hochgeregelten Heizungsthermostaten ist das bekannteste Beispiel dafür. Aber auch das brennende Licht in ungenutzten Zimmern oder der Standby-Betrieb von Computern, Scannern und Druckern sowie Ultraschall und anderer medizintechnischer Geräte vergeudet Energie. Eine nicht-investive Maßnahme wäre es, energiesparendes Handeln der Mitarbeiter zu befördern. Oft kann das zu schnellen Erfolgen führen und zu weitergehenden Maßnahmen motivieren.

Die Kunst besteht darin, die Mitarbeiter im Krankenhaus zu energiesparendem Handeln zu bewegen und alte Gewohnheiten durch neue abzulösen. Erfahrungsgemäß genügt dafür eine einmalige Schulung nicht. Vielmehr muss eine **energiesparende Organisationskultur** entstehen. Das kann nur gelingen, wenn Energiesparen in der Krankenhausorganisation verankert wird. Eine Möglichkeit dazu ist die Einführung einer zentralen Stabstelle (z. B. Umwelt-, Energie- und Klimamanagement), ergänzt um dezentral Beauftragte für Energiesparmaßnahmen. Derzeit haben nur knapp 20 % der Krankenhäuser Klimaschutzbeauftragte. Besonders motivierend können auch spielerische Ansätze („Gamification“) sein. Ein gutes Beispiel dafür ist das Projekt „Klimaretter – Lebensretter“ der viamedica Stiftung für gesunde Medizin. In dem Projekt werden mithilfe eines Online-Tools energiesparende Verhaltensweisen über einen bestimmten Zeitraum erfasst. Zugleich werden daraus die positiven Auswirkungen auf das Klima berechnet und dargestellt.

Der Prozess zur Anpassung des Verhaltens sollte aber nicht unterschätzt werden. Viele Menschen sind „Gewohnheitstiere“. Jegliche Abweichung von erlernten Routinen erfordert aktive Aufmerksamkeit und Bewusstheit. Mancherorts kann das im stressigen Klinikalltag schwierig sein. Daher sollte man auf jeden Fall auch technische Lösungen in Betracht ziehen. Durch **Automatisierung und intelligente Steuerung** von Geräten kann man Beschäftigte beim Energiesparen unterstützen. Typische Beispiele dafür sind:

- ▶ An-/Ausschalten der Beleuchtung durch Bewegungsmelder
- ▶ Kontrollierte Raumlüftung und -temperierung
- ▶ Installation wassersparender Armaturen
- ▶ Abschaltung von medizinischen Geräten bei Nichtnutzung (z. B. Sonographen)
- ▶ Abschaltung von nicht-medizinischen Kleingeräten (z. B. Kaffeemaschinen) nach kurzer Zeit

EINSPARUNGEN AUCH DURCH ANGEPASSTE GERÄTE- UND ANLAGEEINSTELLUNGEN

Energie kann auch gespart werden, indem die **Einstellungen an Anlagen und Geräten** angepasst werden. Beispielsweise spart das Absenken des Vorlaufes bei Heizung oder Warmwasseraufbereitung um ein Grad Celsius schätzungsweise fünf bis acht Prozent Wärmeenergie ein. Auch kann etwa die Klimatisierung und Kühlung von OP- und Funktionsräumen bedarfsgerecht gesteuert werden und in bestimmten Zeitfenstern (nachts und am Wochenende) auf ein Minimum reduziert bzw. abgeschaltet werden. Das sind größtenteils geringinvestive Maßnahmen, die sich unmittelbar noch im selben Geschäftsjahr amortisieren können.

JÄHRLICHE EFFEKTE VON ENERGIESPARENDEM HANDELN

Betriebskosten gespart

€

57 - 115 Tsd.

Energie gespart

656 - 1.312 Tsd.

kWh

Treibhausgasemissionen vermieden

167 - 333 t

CO₂



Investitionsvolumen

0 - 100.000 €



Amortisationsdauer

0 - 2 Jahre

Anmerkung: Grobe Modellrechnung für ein Maßnahmenbündel an einem 400-Betten-Krankenhaus, bei dem Anlagen und Geräte energieeffizient eingestellt und ggf. automatisierte und intelligente Steuerungsanlagen verwendet werden sowie Mitarbeiter energiesparend handeln. Annahme ist, dass fünf bis zehn Prozent Energie eingespart werden können.
Quelle: hcb.

Perspektivisch liegen auch bei der **Beschaffung von medizintechnischen Geräten** energetische Einsparpotenziale. Grundsätzlich lässt sich ein hoher Strombedarf beim Betrieb von Linearbeschleunigern, Magnetresonanz- (MRT) oder Computertomografen (CT) nicht gänzlich vermeiden. Bisher war der Stromverbrauch bei Beschaffungsvorgängen selten ein relevantes Kriterium. Doch der Strombedarf für den Betrieb kann sich teils um Faktor zwei erheblich zwischen Geräten unterscheiden. Hinzu kommt, dass der Strombedarf für den eigentlichen Betrieb von Geräten wie MRT und CT nicht den größten Anteil ausmacht. Denn zwischen 52 und 79 % des Stromverbrauchs entfallen auf den Standby-Betrieb, also die reine Betriebsbereitschaft. Der Energieverbrauch von sowohl Betrieb als auch Standby ist in der Regel nicht bekannt. Deshalb sollte es im Interesse der Häuser sein, energiebezogene Aspekte bei Beschaffungsprozessen in den Blick zu nehmen.

BEISPIEL: HELIOS ENDO-KLINIK HAMBURG

Die Helios ENDO-Klinik in Hamburg ist Europas größte Spezialklinik für Endoprothetik, Sportorthopädie und Wirbelsäulenchirurgie. Mit einem Energieverbrauch von etwa 150 kWh pro Quadratmeter gehört sie bereits zu den energiesparenden Krankenhäusern. Ein durchschnittliches Krankenhaus in Deutschland hat meist einen Verbrauch von über 300 kWh/m². Und das, obwohl die ENDO-Klinik eine energieintensive zentrale Sterilgut-Versorgungsanlage (ZSVA) betreibt.

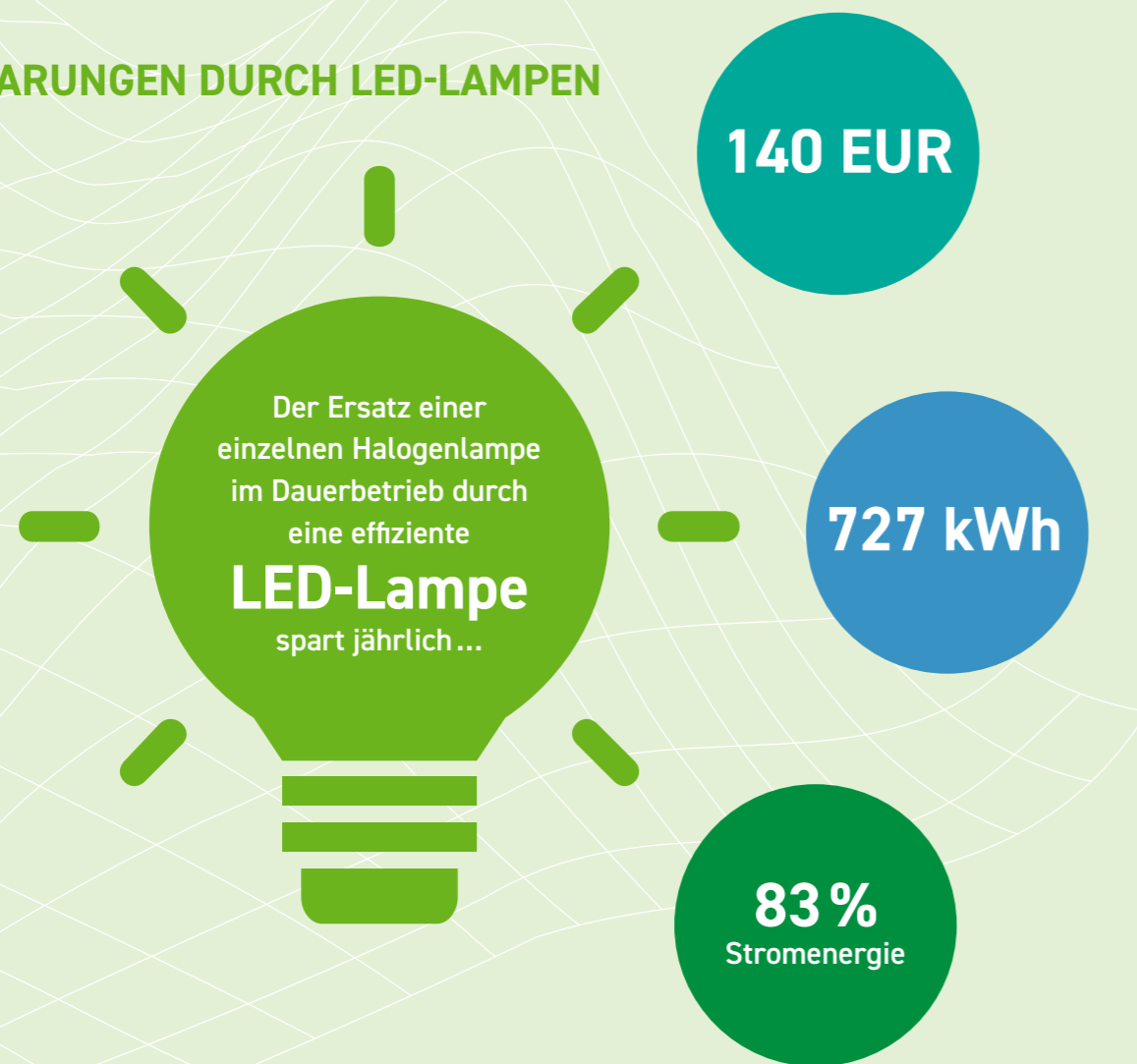
Die Helios Gruppe erreichte dies nicht etwa durch Umbau- und Sanierungsmaßnahmen oder durch die Anschaffung von neuen Anlagen. Vielmehr führte ein 100-Punkte-Plan sowie die jahrelang verfolgte Betriebsoptimierung des Hauses zu signifikanten Einsparungen bei Strom und anderen Energieträgern. Im Rahmen des 100-Punkte-Plans wurden viele Anlagen und Geräte nochmals überprüft und energiesparend eingestellt (z. B. Lüftungen und Heizungen), darüber hinaus im Rahmen einer Kampagne Tipps für energiesparendes Verhalten für das Personal gegeben.



LICHT UND BELEUCHTUNG

- ▶ LED-Beleuchtung ist leicht umsetzbar und ein wirkungsvoller Hebel zum Einsparen von Strom.
- ▶ Sie hat im Vergleich zu anderen Leuchtmitteln eine längere Lebensdauer und amortisiert sich schon nach rund zwei Jahren.
- ▶ Bei einer großflächigen Installation von LEDs ist stets die Mindestlast der Transformatoren zu berücksichtigen.

EINSPARUNGEN DURCH LED-LAMPEN



Anmerkung: Es wurde eine Halogenlampe mit 100 Watt einer LED mit 17 Watt gegenübergestellt. Das entspricht einer mittleren Leistung für 2.000 Lumen.
Quelle: hcb.

VERALTETE BELEUCHTUNGSTECHNIK DURCH LED-TECHNOLOGIE ERSETZEN

Eine der einfachsten Möglichkeiten, Energie im Krankenhaus zu sparen, ist der **Austausch einer ineffizienten Beleuchtung**. In vielen Krankenhäusern dürften immer noch Glüh- und Halogenlampen sowie Kompaktleuchtstofflampen zum Einsatz kommen. Der Einsatz energieeffizienter Beleuchtungen ist derzeit bei rund 34 % aller Krankenhäuser Standard, weitere 63 % aller Häuser setzen dies auf einzelnen Stationen um. Mit zunehmender Krankenhausgröße steigt deren Einsatz. Mehr als drei Viertel aller Krankenhäuser kombiniert die Beleuchtung mit Bewegungsmeldern. Etwa 20 bis 30 % des Stromverbrauchs eines Krankenhauses lässt sich auf die Beleuchtung zurückführen. Dabei benötigen moderne Beleuchtungssysteme mit **Licht emittierenden Dioden (LED)** nur einen Bruchteil der Energie – für die gleiche Leuchtkraft. Sie verbrauchen bei einer Lichtausbeute von 2.000 Lumen bis zu 90 % weniger Strom als herkömmliche Glühlampen, rund 80 % weniger als Halogenlampen sowie circa 45 % weniger als Kompaktleuchtstofflampen. Auch darum sind Herstellung und Vertrieb der meisten dieser Leuchtmittel mittlerweile in der Europäischen Union (EU) verboten. Selbst Energiesparlampen kommen nicht an dieses hohe Einsparpotenzial heran. Daneben haben LEDs eine höhere Lebensdauer. Während Energiesparlampen eine Lebensdauer von 10.000 Stunden haben, kommen LEDs auf den zweifachen Wert. Außerdem erreichen sie ihre maximale Helligkeit fast immer sofort, anders als Energiesparlampen.

BELEUCHTUNG NACH TATSÄCHLICHEM BEDARF STEUERN

Der **Energiebedarf für die Beleuchtung** setzt sich aus der installierten Beleuchtungsleistung, dem Raumtyp und den Nutzungszeiten zusammen. Büros und Behandlungsräume nehmen erwartungsgemäß die meiste Beleuchtungsleistung in Watt pro Quadratmeter (W/m²) in Anspruch. Auf den Pflegestationen fällt sie deutlich geringer aus. Die Beleuchtungsnutzung variiert spürbar nach Tageszeit. Einige Bereiche im Krankenhaus müssen rund um die Uhr beleuchtet werden, wie beispielsweise Flure oder Treppenhäuser. So werden in den Nachtstunden 70 bis 100 % aller Flure und Treppenhäuser in Krankenhäusern beleuchtet, zu 50 % bleibt sie sogar tagsüber eingeschaltet. Dienstzimmer werden während der Nachtschichten ebenfalls regelmäßig durchgehend beleuchtet. Am seltensten werden Büros, Bettzimmer und Lager nachts beleuchtet. Tagsüber werden zudem OPs, Büros, Teeküchen und Lager beleuchtet. Mit Bewegungsmeldern, Zeitschaltuhren und der Dimmung lässt sich der Einsatz und die Stärke der Beleuchtung optimieren. So lässt sie sich an den tatsächlichen Bedarf anpassen.

Bei einer großflächigen Umstellung auf LED-Beleuchtung ist die Mindestlast vorhandener Transformatoren zu beachten. Da LEDs viel weniger Strom benötigen, kann die Mindestlast dann nicht mehr erreicht werden. Es kann dann sein, dass die LED-Beleuchtung nicht richtig funktioniert oder sie zu flimmern beginnt. Daher muss im Einzelfall die Transformatorentechnik geprüft und ggf. auch ersetzt werden.

JÄHRLICHE EFFEKTE VON ENERGIESPARENDER LED-BELEUCHTUNG

Betriebskosten gespart

€ 23 - 40 Tsd.

Energie gespart

kWh 119 - 207 Tsd.

Treibhausgasemissionen vermieden

CO₂ 58 - 101 t



Investitionsvolumen

20.000 €



Amortisationsdauer

Unter 1 Jahr

Anmerkung: Grobe Modellrechnung für ein Maßnahmenbündel an einem Krankenhaus mit 400 Betten, bei dem ein ineffizientes Beleuchtungssystem durch energieeffiziente LEDs ausgetauscht wird.
Quelle: hcb.

Bei dem Austausch der ineffizienten Beleuchtungen sollte darauf geachtet werden, dass zuerst die Leuchtmittel ausgetauscht werden, die am längsten leuchten (z. B. in Fluren und Treppenhäusern). Somit können bereits zu Beginn die höchsten Energie-sparmaßnahmen erreicht werden.

FÖRDERMITTEL: BELEUCHTUNGSANLAGEN

Die Anschaffung und Installation von effizienten Beleuchtungsanlagen wird durch die „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ bezuschusst. Im Unterprogramm „Anlagentechnik“ wird auch der Austausch alter Beleuchtungssysteme durch neue

und energieeffiziente Systeme gefördert. Es sind dabei 15 % der förderfähigen Ausgaben förderfähig. Die Antragstellung erfolgt über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA).

BEISPIEL: KLINIKUM HERFORD

Das Klinikum Herford setzt schon seit längerer Zeit auf den regelmäßigen Austausch unter Führungskräften, technischen Leitungen und weiteren Abteilungen, um die Energieeffizienz und Klimafreundlichkeit des Hauses zu erhöhen. Dabei werden auch die Beschäftigten mitgenommen: In einem Ideenwettbewerb brachten sich viele Beschäftigte mit Vorschlägen zum Energiesparen ein. Einige der Vorschläge konnten schon umgesetzt werden, zum Beispiel die intelligente Nutzung von Bewegungsmeldern und Lichtsteuerungen. Die Installation energiesparender LED-Beleuchtung erwies sich dabei als besonders effektiv. Mit der vollständigen Umstellung der Krankenhausbeleuchtung auf diese Technik konnten im Jahr 2022, zusammen mit weiteren Maßnahmen, Stromkosten in Höhe von etwa 100.000 Euro eingespart werden.



ZIRKULATIONS- UND UMWÄLZPUMPEN

- ▶ Es gibt oft versteckte Verbraucher im Krankenhaus, die dauerhaft Strom verschwenden. Ein bekanntes Beispiel sind Zirkulations- und Umwälzpumpen.
- ▶ Je nach Bauart und Gebäudestruktur kann ein Haus sehr viele Pumpen benötigen, was die Energieverschwendung dann vervielfacht.
- ▶ Ein Austausch und Einbau moderner Hocheffizienzpumpen reduziert den Stromverbrauch auf einen Bruchteil und amortisiert sich darum innerhalb weniger Jahre.

EINSPARUNGEN DURCH HOCHEFFIZIENZPUMPEN

Alte Zirkulations- und Umwälzpumpen verbrauchen bis zu **2.500 kWh** pro Jahr.

Moderne Hocheffizienz-Pumpen benötigen nur **300 kWh** pro Jahr.

Quelle: Wagner, Jansen, Tholen und Bierwirth 2022.

Oft denkt man bei Einsparpotenzialen im Krankenhaus an die großen und offensichtlichen Verbraucher: Klimaanlage, Kühlmaschinen und Heizungen. Doch dabei werden schnell die versteckten Verbraucher übersehen. Das beste Beispiel sind Heizungssysteme: Im Normalfall sieht man den Startpunkt der Wärmeversorgung (Heizkessel) und den Endpunkt (Heizkörper), aber nicht das, was dazwischen liegt. Dort liegt nämlich ein weit verzweigtes **Wärmeverteilsystem**, das Heizwasser mittels Umwälzpumpen in den Gebäudeteilen und Etagen eines Krankenhauses verteilt. In gleicher Weise muss Trinkwasser durch Zirkulationspumpen an die verschiedenen Abnahmestellen transportiert werden, und zwar rund um die Uhr.

PUMPEN SIND VERDECKTE ENERGIE-VERBRAUCHER

Häufig sind ältere Zirkulations- und Umwälzpumpen in Betrieb, die dauerhaft viel Strom verbrauchen. Je nach Größe und baulichen Gegebenheiten können Krankenhäuser mehrere Hundert Pumpen im Einsatz haben. Aufgrund der alten Bausubstanz von Krankenhäusern dürften viele Pumpsysteme ungesteuert und dadurch nicht optimal eingestellt sein. Pumpen sind ein gutes Beispiel für **verdeckte Energieverbraucher**. Häufig denkt man gar nicht an sie. Durch ein eigenes Energiemanagementsystem oder mithilfe von Energieberatern und -auditoren lassen sie sich aufspüren.

Der Goldstandard für Zirkulations- und Umwälzpumpen sind Hocheffizienzpumpen. Sie verbrauchen oft 80 bis über 90 % weniger Energie als ältere Pumpen. Die Anschaffung und Installation amortisieren sich bereits nach wenigen Jahren.



JÄHRLICHE EFFEKTE VON EFFIZIENZSTEIGERNDEN MASSNAHMEN IN ZIRKULATIONS- UND UMWÄLZPUMPEN

Betriebskosten gespart

€ 14 - 17 Tsd.

Energie gespart

kWh 75 - 88 Tsd.

Treibhausgasemissionen vermieden

CO₂ 36 - 42 t



Investitionsvolumen

45.000 - 55.000 €



Amortisationsdauer

3 - 4 Jahre

Anmerkung: Grobe Modellrechnung für den Ersatz von 50 veralteten Zirkulations- und Umwälzpumpen durch Hocheffizienzpumpen in einem Krankenhaus mit 400 Betten.
Quelle: hcb.

Neben veralteten Pumpsystemen gibt es noch weitere Einsparpotenziale im Wärmeverteilsystem. Oft führen schlecht isolierte Heizungsrohre zu kontinuierlichen Wärmeverlusten, die sich über das Jahr anhäufen können. Die Dämmung von Heizungsrohren ist eine sinnvolle und in der Regel günstige Gegenmaßnahme.

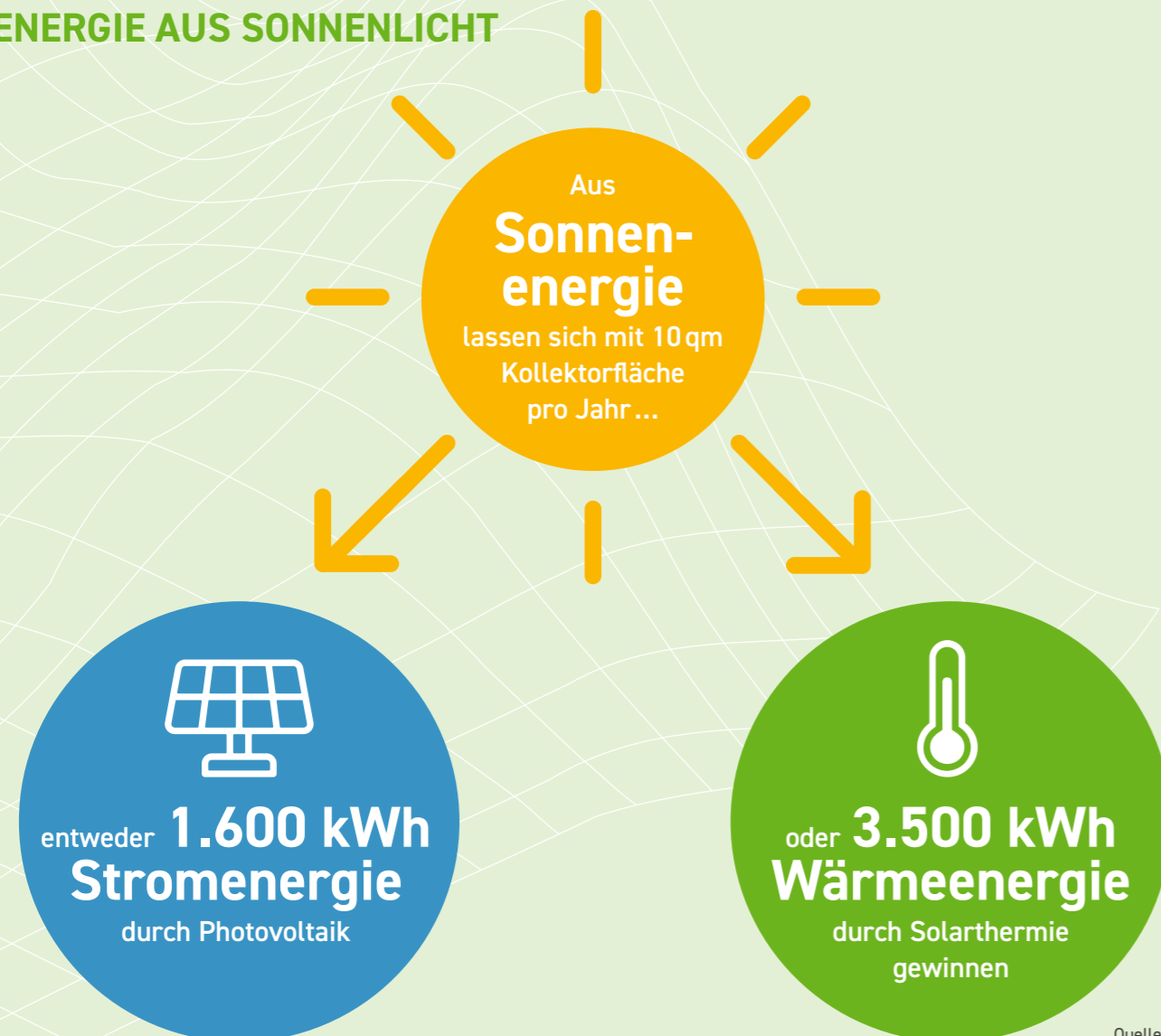
BEISPIEL: KLINIKUM LUDWIGSHAFEN

Im Klinikum Ludwigshafen wurden 2018 rund 200 Zirkulations- und Umwälzpumpen ausgetauscht. Die Umsetzung erfolgte mithilfe eines Contracting-Unternehmens, das sich auf Pumpen spezialisiert hat. Hierbei wurden auch Fördermittel über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) beantragt und erhalten. Die Investition in energieeffiziente Pumpentechnik zahlte sich aus: Nach weniger als vier Jahren hatte sich die Maßnahme bereits amortisiert. Der Strombedarf für die Pumpentechnik (rund 776 Tausend kWh pro Jahr) konnte dadurch um über 50 % gesenkt werden.

SONNENENERGIE UND PHOTOVOLTAIK

- ▶ Photovoltaikanlagen können nahezu an jedem Krankenhaus angebracht werden. Die erzeugte Strommenge hängt von der zur Verfügung stehenden Fläche und der Ausrichtung der Gebäude ab.
- ▶ In Kombination mit Batteriespeichern kann der erzeugte Strom auch nachts oder für die Sicherheitsstromversorgung genutzt werden.
- ▶ Mit Solar-Hybridkollektoren lässt sich neben der Lichtenergie auch die Wärmeenergie der Sonne nutzen.

ENERGIE AUS SONNENLICHT



Quelle: hcb.

MIT SONNENLICHT EIGENEN STROM ERZEUGEN

Die Sonne scheint in Deutschland durchschnittlich 1.600 Stunden pro Jahr. Warum soll ein Krankenhaus also nicht die Energie der Sonne nutzen? Man senkt damit zwar nicht den Energieverbrauch, aber erhält günstige Energie. Mit **Photovoltaik (PV)** kann im Grunde von jedem Krankenhaus die Sonnenenergie genutzt werden. Dabei wird sie in den Photovoltaik-Modulen – den Solarzellen – in elektrischen Strom umgewandelt. Der erzeugte Gleichstrom kann über einen Wechselrichter anschließend in Wechselstrom umgewandelt werden. Der erzeugte Strom kann selbst genutzt oder in das öffentliche Netz gegen Vergütung eingespeist werden.

Wie viel Strom gewonnen wird, hängt erstens von der **Ausrichtung der Krankenhausgebäude** ab: Am effektivsten ist eine Südausrichtung der PV-Anlagen. Zweitens ist die **Größe der Kollektorenflächen** bedeutsam. Kollektoren können auf Dächern, aber auch an Fassaden oder versiegelten Plätzen (z. B. Parkplätze) angebracht werden. Die Anbringung einer PV-Anlage an Südfassaden kann zusätzlich für eine Beschattung der Patientenzimmer sorgen. Drittens ist der **Neigungswinkel** von PV-Anlagen zu beachten. Dieser sollte am besten zwischen 30 bis 45 Grad liegen, damit der meiste Strom erzeugt werden kann. Ferner sollte im Einzelfall berücksichtigt werden, ob die in Frage kommenden Flächen durch andere Gebäude oder Bäume verschattet sind. Eine Verschattung der PV-Anlage sollte möglichst vermieden werden.

Eine auf 3.500 Quadratmeter ausgerichtete PV-Anlage auf dem Dach und weiteren Flächen eines Krankenhauses kann im Jahr rund 450.000 kWh Strom erzeugen. Die meiste Stromerzeugung wird um die Mittagszeit erreicht. Je nach Stromverbrauch und Lastgang eines Krankenhauses ist die zusätzliche Installation eines **Batteriespeichers** überlegenswert. Mit einem Speicher lässt sich der tagsüber erzeugte Strom auch nachts nutzen. Da tagsüber die Hauptbetriebszeit eines Krankenhauses ist und neben den rund um die Uhr betriebenen Geräten zusätzlich medizinische Großgeräte in einem größeren Umfang genutzt werden, dürfte davon auszugehen sein, dass der erzeugte Strom direkt vom Krankenhaus verbraucht wird. Jedoch kann ein Batteriespeicher sinnvoll sein, wenn die Sicherheitsstromversorgung im eigenen Haus sichergestellt werden soll. Zukünftige Speichertechnologien wie **Power-to-Gas** könnten auch sinnvoll sein: Hierbei wird überschüssige Energie zur Herstellung eines später wieder nutzbaren Energieträgers verwendet. Aktuell kommt dafür Wasserstoff infrage, der durch Elektrolyse hergestellt und im Bedarfsfall als Energiequelle genutzt werden kann.

AUCH WÄRME LÄSST SICH AUS SONNENLICHT GEWINNEN

Das Sonnenlicht kann aber nicht nur Strom liefern, sondern auch Wärme. Durch **Solarthermie** kann die Wärme der Sonne nutzbar gemacht werden, etwa für die Warmwasseraufbereitung. Auch hier werden mittels verschiedener Arten von Kollektoren Sonnenstrahlen aufgefangen. Anders als bei der Photovoltaik wird hier ein Wärmeträgermedium (z. B. Wasser-Glykol-Gemische) erhitzt, das die Wärme zu einer Abnahmestelle führt. Man kann Photovoltaik und Solarthermie getrennt voneinander nutzen oder auch sogenannte **Solar-Hybridkollektoren** verwenden. Wenn im Sommer die Umgebungstemperatur steigt, sinkt der Wirkungsgrad von PV-Anlagen. Hybridkollektoren können für Kühlung sorgen, indem sie die entstehende Wärme an den PV-Modulen abführen. Hierzu werden auf den Rückseiten der PV-Module Luftabsorber angebracht. Die dadurch gewonnene Luftwärme kann beispielsweise den Stromverbrauch von Lüftungsanlagen reduzieren. Eine Kombination von Solar-Hybridkollektoren mit Wärmepumpen ist ebenfalls möglich.

JÄHRLICHE EFFEKTE VON PHOTOVOLTAIK-ANLAGEN

Betriebskosten gespart

81 - 112 Tsd. €

Energie gespart

450 - 600 Tsd. kWh

Treibhausgasemissionen vermieden

218 - 291 t

CO₂



Investitionsvolumen
700.000 €



Amortisationsdauer
6 - 9 Jahre

Anmerkung: Grobe Modellrechnung für ein Maßnahmenbündel, bei dem eine Photovoltaik-Anlage mit einer installierten Leistung von 500 kWp über 3.500 Quadratmeter auf dem Dach und Fassaden eines Krankenhauses angebracht wird. Bei der Modellrechnung wird angenommen, dass der Strom über das ganze Jahr komplett selbst verbraucht wird. Aufgrund unregelmäßiger Sonneneinstrahlung kann die Einsparung etwas geringer ausfallen, womit sich die Amortisationszeit auf 8 bis 12 Jahre verlängern kann. Quelle: hcb.

FÖRDERMITTEL: PHOTOVOLTAIK

Der Betrieb von Photovoltaikanlagen wird nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gefördert. Hierbei erhalten Anlagenbetreiber einen bestimmten Vergütungssatz für jede Kilowattstunde Strom, der in das öffentliche Netz eingespeist wird. Die Höhe des Vergütungssatzes hängt u.a. davon ab, ob der produzierte Strom vollständig (Volleinspeisung) oder nur teilweise (Überschusseinspeisung) eingespeist wird. Auch hängt er davon ab, ob der produzierte Strom zu einem Fixpreis (Feste Einspeisevergütung) oder zu Marktpreisen (Direktvermarktung) eingespeist werden soll. Eine Übersicht für anzulegende Werte zur festen Einspeisung nach §48 EEG gibt die folgende Tabelle:

speisung) oder nur teilweise (Überschusseinspeisung) eingespeist wird. Auch hängt er davon ab, ob der produzierte Strom zu einem Fixpreis (Feste Einspeisevergütung) oder zu Marktpreisen (Direktvermarktung) eingespeist werden soll. Eine Übersicht für anzulegende Werte zur festen Einspeisung nach §48 EEG gibt die folgende Tabelle:

Anlagenleistung [kWp]	Überschusseinspeisung [Cent pro kWh]	Volleinspeisung [Cent pro kWh]
0-10	8,20	13,00
20	7,65	11,95
40	7,38	11,43
50	7,06	11,32
100	6,43	11,11
> 100 - 1.000	Marktpreis	Marktpreis
> 1000	Ausschreibung	Ausschreibung

Ab einer Leistung von über 100 kWp muss eine Direktvermarktung des erzeugten Stroms erfolgen. Bei Anlagen über 1.000 kWp müssen Betreiber am Ausschreibungsverfahren der Bundesnetzagentur teilnehmen und ein Preisgebot für den einzuspeisenden Strom abgeben.

BEISPIEL: FRANZISKUS HOSPITAL BIELEFELD

Dass sich Energieeffizienz für Krankenhäuser auszahlt, hat man bei der Katholischen Hospitalvereinigung Ostwestfalen gGmbH schon früh verstanden. Schon länger setzt man dort auf die Eigenproduktion von Strom und Wärme, zum Beispiel durch Blockheizkraftwerke. Eine besondere Rolle spielt dabei auch Photovoltaik: Das Franziskus Hospital in Bielefeld hat sich bereits im Jahr 2008 großflächig mit einer Photovoltaikanlage ausgestattet. Durch die baulichen Gegebenheiten eignete sich dort eine Fassadenanlage in Süd- sowie in Südwestausrichtung, neben den Dachflächen, die auch mit PV-Kollektoren belegt sind.

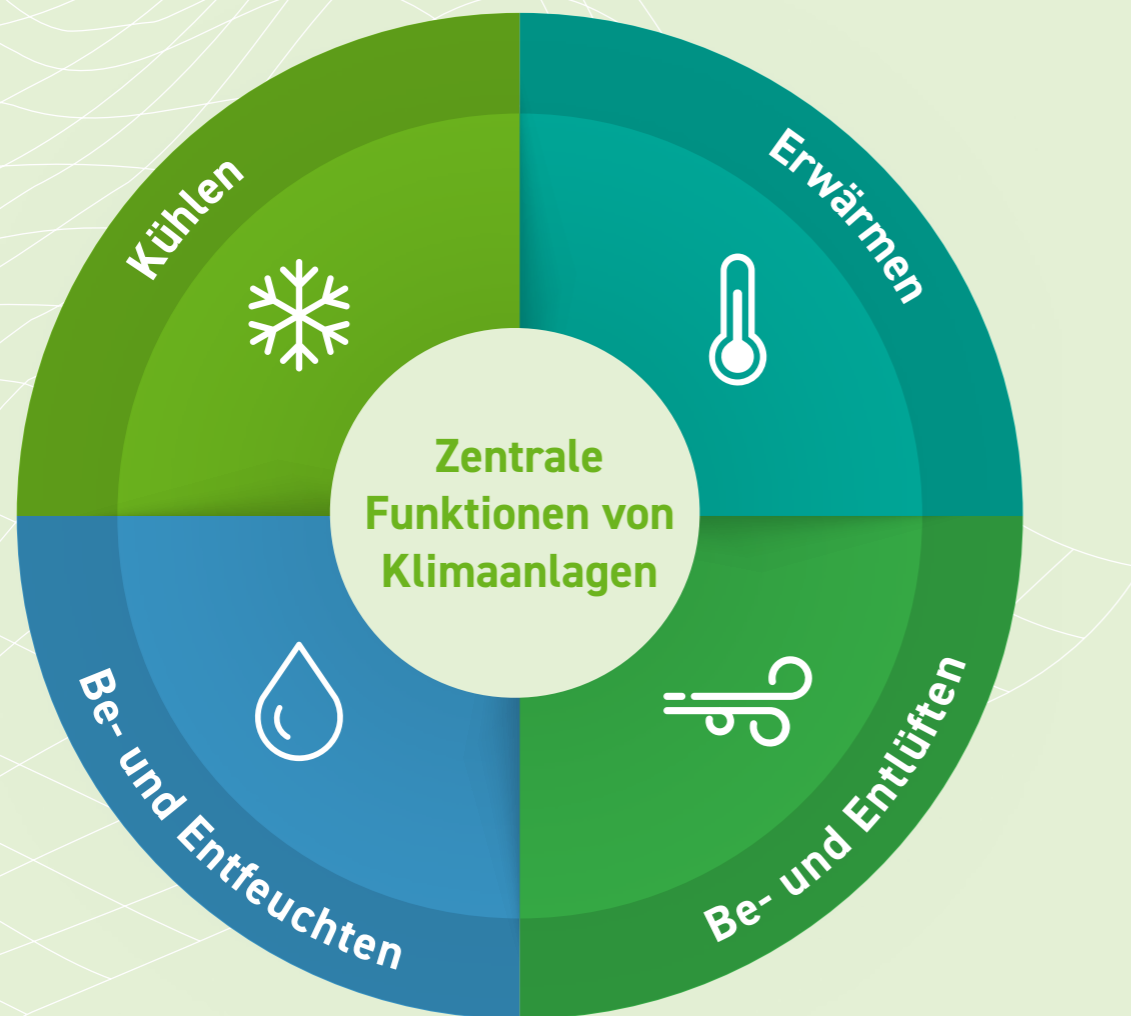
Die Anlage hat bislang 48.869 kWh Strom erzeugt. Dabei werden von April bis Oktober die größten Erträge gemessen. Im Jahr 2022 lag die Tagesspitze im April bereits bei 232 kWh. Durch die eigene Stromerzeugung (mit Einspeisung ins Stromnetz der Stadt Bielefeld) spart das Hospital nicht nur Geld, sondern reduziert auch bedeutsam seine Treibhausgasemissionen.



RAUMKLIMA UND KÜHLUNG

- ▶ An das Raumklima werden in einigen Bereichen des Krankenhauses höchste hygienische Anforderungen gestellt.
- ▶ Einsparungen in der Klima- und Kältetechnik lassen sich bereits durch eine raumnutzungsgemäße Anpassung der Betriebsparameter wie Luftwechselrate und Temperatur erzielen.
- ▶ Einige Stromeinsparungen dürften auch in der Nutzung von Abwärme durch Wärmerückgewinnung erreicht werden.

ZENTRALE FUNKTIONEN VON KLIMAANLAGEN



Quelle: hcb.



An das **Raumklima** im Krankenhaus werden höchste Anforderungen gestellt, insbesondere OP-Säle, Intensivstationen und Notaufnahmen müssen hohen hygienischen Anforderungen genügen: Die Luft muss bestimmte Temperatur- und Feuchtigkeitsbereiche einhalten, turbulenzarm strömen sowie frei von Gerüchen und Schadstoffen sein, um mikrobielle Kontaminationen zu vermeiden. Auch in weniger sensiblen Krankenhausbereichen ist eine ausreichend klimatisierte Raumluft notwendig. Gerade im Sommer sind Hitzekollapse von Patienten und Personal in Fluren und Zimmern zu verhindern.

KÜHLUNG KANN OFT EFFIZIENTER SEIN

Neben der Raumluft spielt die **Kühlung** auch bei vielen medizintechnischen Geräten eine Rolle, insbesondere bei Großverbrauchern wie Magnetresonanztomographen (MRT) und Computertomographen (CT). Die große Abwärme macht eine Kühlung der Geräte notwendig, die in der Regel durch Stromenergie aufgebracht wird. Zur Kühlung kommen Kältemaschinen zum Einsatz, in den meisten Häusern sind das Kompressionskältemaschinen. Der dauerhafte Betrieb von Raumlufttechnik und Kühlung durch teure Stromenergie offenbart einige Einsparpotenziale. Der erforderliche Strombedarf für Raumluft- und Kältetechnik dürfte etwa 14-25 % am Gesamtstromverbrauch eines Krankenhauses ausmachen.

Ein erster Schritt zu mehr Energieeffizienz besteht darin, eine **bedarfsgerechte Steuerung** von Klimatisierung und Lüftung in OP-Sälen und Funktionsräumen vorzunehmen. Beispielsweise kann die Klimatisierungs- und Lüftungsleistung für ungenutzte OP-Säle und Diagnostikräume in den Abendstunden oder am Wochenende problemlos heruntergefahren werden. Zugleich können bei Raumluftanlagen etwa Luftwechselraten, Temperatur, Be- und Entfeuchtung so eingestellt werden, dass der hygienische Sollwert nicht übererfüllt wird.

Im zweiten Schritt sollte man **veraltete Klima- und Kältetechnik** als Ursache für Energieverschwendung identifizieren. Ältere Lüftungsanlagen laufen etwa noch mit ineffizienten Motoren oder Ventilatoren, auch die viel Strom verbrauchenden Kompressionskältemaschinen sind nicht immer auf dem neuesten Stand. Großes Potenzial liegt auch in Kältetechnologien wie Absorptionskältemaschinen. Sie nutzen ca. 40 bis 70 % der Abwärme von Anlagen und Geräten des Krankenhauses, um Kälte bereitzustellen. Der Strombedarf zur Kälteerzeugung könnte so um schätzungsweise 50 % reduziert werden.

JÄHRLICHE EFFEKTE VON EFFIZIENZSTEIFERNDEN MASSNAHMEN IN RAUMKLIMA- UND KÄLTETECHNIK

Betriebskosten gespart

€ 34 - 45 Tsd.

Energie gespart

kWh 178 - 234 Tsd.

Treibhausgasemissionen vermieden

CO₂ 86 - 113 t



Investitionsvolumen

180.000 -
210.000 €



Amortisationsdauer

4 - 6 Jahre

Anmerkung: Grobe Modellrechnung für ein Maßnahmenbündel an einem Krankenhaus mit 400 Betten, bei dem durch Nutzung überschüssiger Wärme durch Absorptionskältetechnik die Kosten der Kälteerzeugung um 30 bis 40 % reduziert werden. Quelle: hcb.

Absorptionskältemaschinen ergeben aber nur dann Sinn, wenn man überschüssige und möglichst kostenlose Wärme nutzen kann. Man kann neben Abwärme auch andere Wärmequellen zum Betrieb nutzen, z. B. Sonnen- und Erdwärme. Bei der **Solarthermie** wird die Wärme der Sonnenstrahlen mittels Sonnenkollektoren aufgefangen, um sie nutzbar zu machen. Bei der **Geothermie** wird mittels einer Erdsonde Wärme aus dem Erdinneren gewonnen. Allerdings sind dafür erforderliche Erdbohrungen genehmigungspflichtig und nicht in allen Regionen umsetzbar. In Ballungsgebieten dürften auch die erforderlichen Freiflächen für die Bohrungen nicht vorhanden sein.

Ebenso wie Wärme lässt sich auch Kälte zeitweise speichern. Einige wenige Krankenhäuser nutzen dafür sogenannte Eisspeicher. In Einzelfällen können auch natürliche Wärme- und Kältequellen für die Kälteversorgung genutzt werden, zum Beispiel Grundwasser und andere Gewässer.

FÖRDERMITTEL: KLIMA- UND KÄLTETECHNIK

Auch die Anschaffung und Installation von energieeffizienter Klima- und Kältetechnik wird staatlich teilweise subventioniert. Das bundesweite Förderprogramm „Kälte- und Klimaanlage“ fördert etwa auch Absorptionskältemaschinen sowie Systeme zur Wärmerückgewinnung. Pro Maßnahme werden bis zu 150.000 EUR bzw. 50 % der förderfähigen Ausgaben bezuschusst. Raumlufttechnische Anlagen werden durch „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ bezuschusst. Im Unterprogramm „Anlagen-

technik“ werden Einbau, Tausch und Optimierung der Anlagen gefördert. Es werden dabei 15 % der förderfähigen Ausgaben gefördert. Die Antragstellung erfolgt bei beiden Förderprogrammen über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. Einige Bundesländer bieten auch eigene Förderprogramme an. In Nordrhein-Westfalen werden über das Programm „progres.nrw – Klimaschutztechnik“ zum Beispiel Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung bezuschusst.

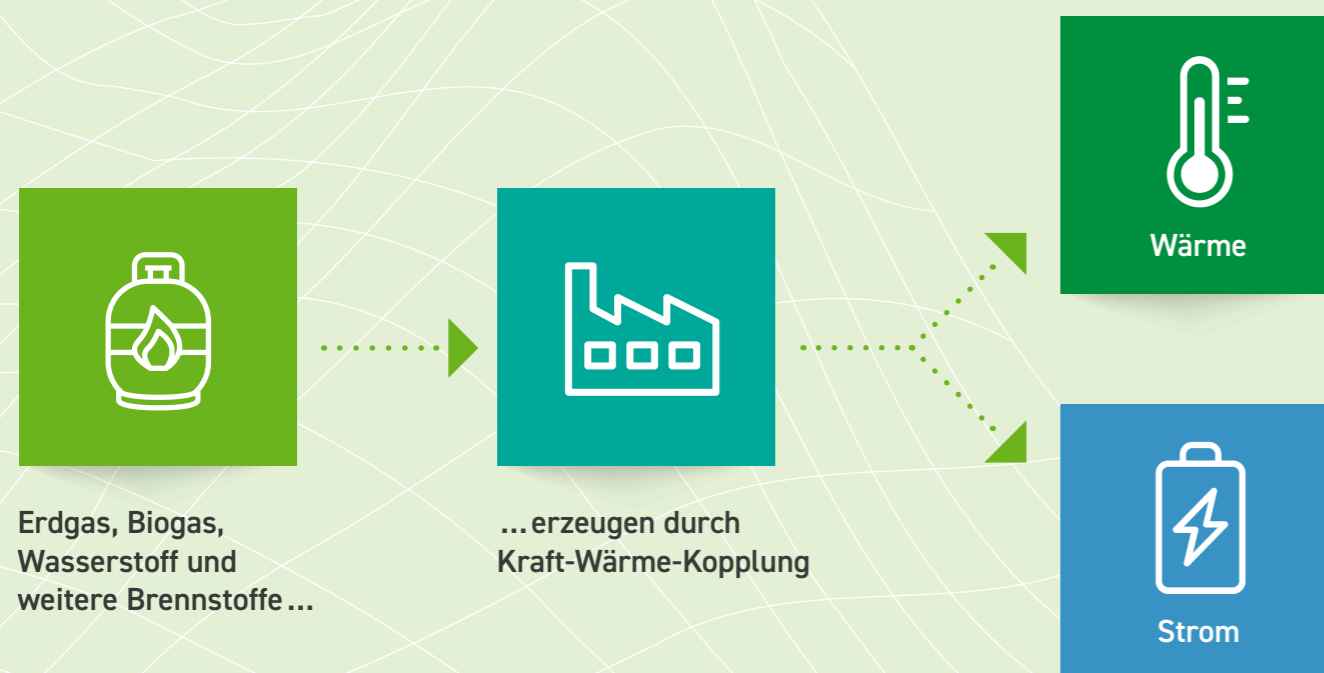
BEISPIEL: KLINIKUM ROSENHEIM

Ein Vorreiter in der Green Hospital Bewegung ist das Klinikum Rosenheim der RoMed Kliniken. Die Kälteversorgung des Krankenhauses erfolgt hier durch Flusswasser aus dem Inn. Mittels eines Rohrsystems und Wärmetauschern wird das Kühlwasser des Krankenhauses durch die natürliche Kälte des Flusswassers gekühlt. Dadurch spart das Klinikum Betriebskosten, nach eigenen Angaben ca. 150.000 EUR pro Jahr, und vermeidet dadurch Treibhausgasemissionen (ca. 345 Tonnen CO₂e pro Jahr). Natürlich ist dieses Beispiel nicht für jedes Krankenhaus umsetzbar, weil nicht jedes Haus in der Nähe von Gewässern als Wärme- bzw. Kältequelle liegt. Aber es zeigt eindrucksvoll, wie man geschickt vorhandene natürliche Ressourcen ökonomisch und ökologisch in den Krankenhausbetrieb einbinden kann.

ENERGIE AUS BLOCKHEIZKRAFTWERKEN

- ▶ Wenn ein Krankenhaus für die kommenden Jahre einen gleichmäßigen und planbaren Energieverbrauch hat, können Blockheizkraftwerke effizient Strom und Wärme erzeugen.
- ▶ Durch ihre effiziente Energieerzeugung und staatliche Förderung amortisieren sich die hohen Investitionskosten bereits nach einigen Jahren.
- ▶ Besonders zukunftssträftig sind Blockheizkraftwerke dann, wenn sie auch mit biogenen Stoffen wie Biogas oder sogar Wasserstoff betrieben werden können.

PRINZIP EINES BLOCKHEIZKRAFTWERKS



Quelle: hcb.

STROM UND WÄRME SELBST ERZEUGEN

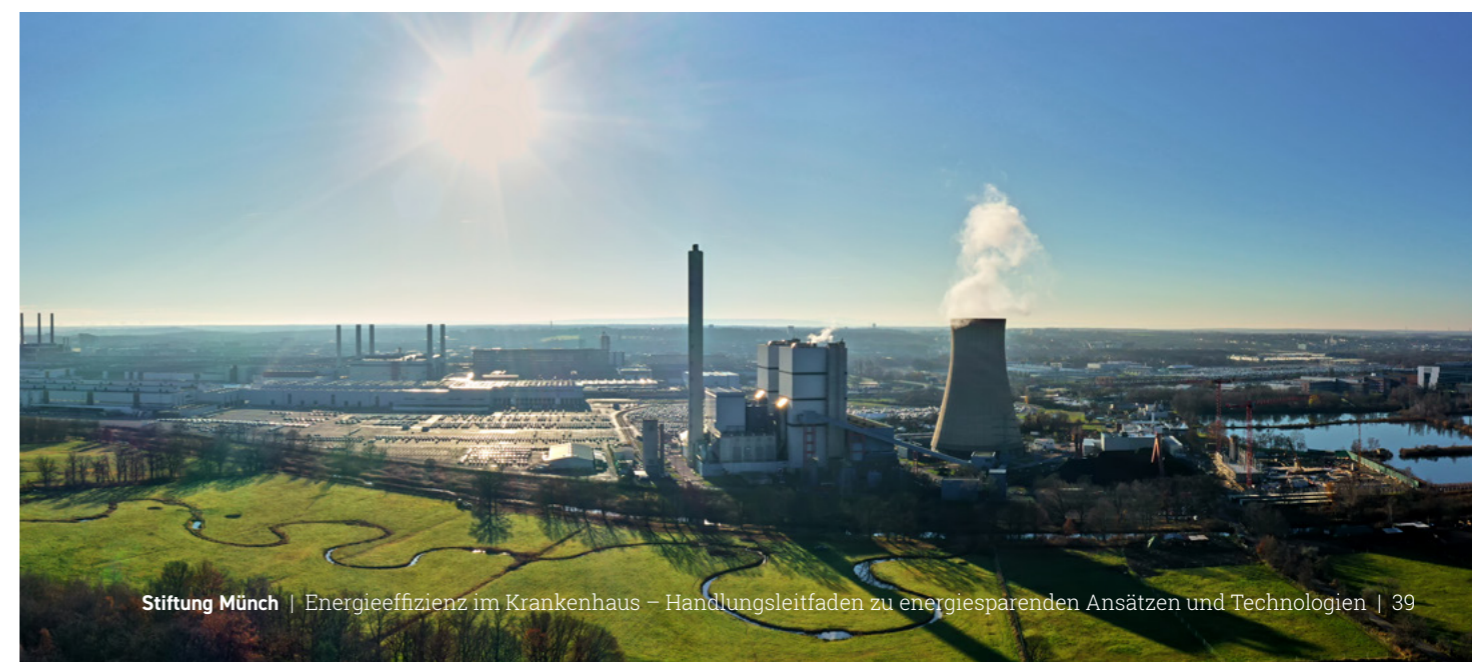
Beleuchtungssysteme, Klima- und Kälteanlagen sowie Pumpen und andere Geräte arbeiten bereits effizient? Das Krankenhauspersonal handelt energiesparend? Außerdem sind größere Projekte wie Neubauten oder die Ausgliederung von Betriebsteilen für die nächsten Jahre nicht geplant? Dann haben Krankenhäuser einen recht gleichmäßigen und planbaren Energiebedarf für Strom und Wärme. Eine Grundlast an Strom und Wärme kann in besonders effizienter Weise über **Blockheizkraftwerke** (BHKW) sichergestellt werden. Sie funktionieren nach dem Prinzip der sogenannten Kraft-Wärme-Kopplung. Dabei werden Erdgas, Biogas oder andere Biomassen verbrannt, um einen stromgenerierenden Motor anzutreiben, zugleich wird Abwärme aus der Verbrennung für etwa Heizzwecke oder Dampferzeugung nutzbar gemacht.

INVESTITIONEN SIND HOCH, EINSPARUNGEN ABER AUCH

Diese Art der Energieerzeugung ist sehr effizient, denn mit Nutzungsgraden von 85 % und mehr wird kaum Energie verschwendet. Die getrennte Erzeugung von Strom und Wärme nutzt lediglich um die 50 % der Primärenergie. Eine wichtige Voraussetzung für diese hohe Effizienz ist, dass Strom und Wärme möglichst direkt vor Ort genutzt werden. Bei Krankenhäusern dürfte das aufgrund des recht gleichbleibenden Energiebedarfs für Wärme und Strom erfüllt sein. Anschaffung und Errichtung eines Blockheizkraftwerks sind mit höheren Investitionskosten verbunden. Je nach baulichen Gegebenheiten sowie elektrischer und thermischer Leistung des geplanten BHKW müssen Investitionen im mittleren sechs- bis siebenstelligen Bereich getätigt werden. Demgegenüber kann der teure Fremdstrombezug merklich reduziert werden. Das allein führt bereits zu kurzen Amortisationsdauern. Sie werden noch kürzer, wenn die staatlichen Zuschüsse pro erzeugter kWh Strom nach Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) oder Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) berücksichtigt werden.

Die **Wirtschaftlichkeit** eines BHKW unterliegt bestimmten Voraussetzungen. Sie ist immer dann hoch, wenn ...

- ▶ eine hohe jährliche Betriebsstundenzahl (ab ca. 5.000 Stunden und mehr) erreicht wird und dadurch Bereitstellungsverluste gering sind,
- ▶ ein gleichmäßiger und durchgängiger Betrieb unter Volllast ohne häufiges An- und Abschalten erfolgt und
- ▶ möglichst viel Energie selbst genutzt oder gespeichert wird.



JÄHRLICHE EFFEKTE DES BETRIEBS EINES BLOCKHEIZKRAFTWERKS

Betriebskosten gespart

89 - 124 Tsd.

€

Energie gespart

578 - 819 Tsd.

kWh

Treibhausgasemissionen vermieden

583 - 689 t

CO₂



Investitionsvolumen

538.000 -
633.000 €



Amortisationsdauer

4 - 7 Jahre

Anmerkung: Grobe Modellrechnung für die Inbetriebnahme eines BHKW mit 350 kW elektrischer Leistung und mindestens 5.500 Vollbenutzungsstunden für ein Krankenhaus mit 400 Betten, inkl. Zuschläge nach KWKG und zusätzlichen Brennstoffkosten.
Quelle: hcb.

Insbesondere der letzte Punkt sollte bedacht werden. Denn die Wärme eines BHKW wird im Winter für Heizzwecke benötigt, im Sommer dürfte sie kaum benötigt werden. Daher macht es Sinn, die überschüssige Energie im Sommer z. B. für Absorptionskältemaschinen zu nutzen. Weil der Fremdbezug teuer und die Einspeisevergütungen gering sind, kann auch eine **Speicherung** überschüssigen Stroms in Betracht gezogen werden. Denkbar sind auch hier – wie bei Photovoltaikanlagen – Batteriespeicher oder Power-to-Gas-Anlagen.

Angesichts hoher Investitionskosten sollte die Auslegung eines BHKW gut plant werden. Denn eine **Unter- und Überdimensionierung** stellt die Wirtschaftlichkeit einer Anlage infrage: Unterdimensionierte Anlagen erfordern einen zu hohen Fremdstrombedarf, überdimensionierte wiederum haben zu wenige Volllaststunden. Größere betriebliche Veränderungen wie Neu- und Erweiterungsbauten oder Sanierungen sollten daher mit eingeplant werden. Eine gewisse Flexibilität geben BHKW in modularer Bauweise. Ihre Leistung kann bedarfsgerecht erhöht oder verringert werden. Allerdings gehen modulare BHKW mit höheren Investitions- sowie Wartungs- und Instandhaltungskosten einher.

Weiterhin sollte langfristig bedacht werden, dass BHKW überwiegend mit fossilem und klimaschädlichem Erdgas betrieben werden. Perspektivisch ist es sinnvoll, den Bezug von biogenen Brennstoffen in Betracht zu ziehen, insbesondere **Biogas**. Die Kosten dafür sind zwar aktuell höher, allerdings dürfte Erdgas durch seine Klimabelastung zukünftig noch teurer werden.

FÖRDERMITTEL: BLOCKHEIZKRAFTWERKE

BHKW werden durch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) gefördert. Für neue Anlagen werden die ersten 30.000 Volllaststunden mit einem Zuschlag von 1 bis 4 Cent pro erzeugter kWh gefördert, wenn sie keinen Strom einspeisen. Mit einer Einspeisung erhöht sich dieser Zuschlag leicht. Im Falle der Verwendung von Biogas oder anderen re-

generativen Energieträgern kann auch eine Einspeisung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) in Frage kommen. Die Einspeisungssätze sind jedoch in den vergangenen Jahren gesunken. Die Einspeisung kann sich daher weniger vorteilhaft darstellen als die Speicherung.

BEISPIEL: UNIVERSITÄTSKLINIKUM REGENSBURG

Das Universitätsklinikum Regensburg ist eines von vielen weiteren Krankenhäusern in Deutschland, die Strom und Wärme von einem Blockheizkraftwerk beziehen. Nach eigenen Angaben erzeugt die Anlage rund 6 Mio. kWh Wärme pro Jahr und deckt damit ein Drittel des Wärmebedarfs. Der gleichzeitig erzeugte Strom deckt rund 22 % des Strombedarfs. Die etwa 1,3 Mio. EUR teure Anlage wurde zusammen mit einem Energiedienstleister realisiert.

HEIZ- UND DAMPFKESSEL

- ▶ Krankenhäuser haben einen großen Wärmebedarf, den sie häufig noch mit veralteten Öl- und Gaskesseln bereitstellen. Viele Dampfkessel sind mittlerweile überdimensioniert.
- ▶ Eine Gebäudeheizung mit Großwärmepumpen ist theoretisch sehr effizient. In der Praxis dürfte sie aber ohne ergänzende Maßnahmen nicht immer wirtschaftlich sein.
- ▶ Sofern ergänzende Maßnahmen wie Gebäudedämmung nicht möglich sein sollten, dürften effiziente Brennwertkessel auch eine Wahl für Krankenhäuser sein.

WELCHE HEIZANLAGE UND WELCHEN ENERGIETRÄGER SOLLEN WIR NEHMEN?



Quelle: hcb.

OFT SIND VERALTETE HEIZ- UND DAMPFKESSEL IM EINSATZ

Die richtigen Temperaturen sind im Krankenhaus von hoher Bedeutung: Patienten sind körperlich geschwächt und zeitweise bettlägerig. Sie müssen im Winter vor Kälte geschützt werden, um Unterkühlungen zu vermeiden. Wärmeenergie wird auch für Dampfkessel benötigt. Sie stellen heißen Dampf für etwa Reinigung, Sterilisation und Küchen bereit. Allein für die Wärmeversorgung verbraucht ein Krankenhausbett rechnerisch etwa 25.000 kWh pro Jahr. Bei aktuellen Preisen macht das rund 1.385 EUR pro Jahr aus.

Noch häufig nutzen Krankenhäuser veraltete Dampfkessel, die für den heutigen Bedarf überdimensioniert sind: Schätzungsweise 35 % der Krankenhäuser halten im Durchschnitt 20 Jahre alte Dampfkessel mit einer Leistung von 800 kW bereit. In vielen Fällen dürften deutlich geringere Leistungen genügen. Zudem nutzen Krankenhäuser für die Wärmeversorgung oft Gebäudeheizungen auf der Basis von (meist veralteten) Konstant- und Niedertemperaturkesseln. Dort wird die benötigte Wärmeenergie durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe gewonnen. Doch diese Heizsysteme haben mehrere Probleme. Zum einen verwenden sie fossile Brennstoffe, deren Verfügbarkeit weiter abnehmen und deren Preise zunehmen werden. Zum anderen haben derartige Heizsysteme nur einen geringen Wirkungsgrad von etwa 70 bis 80 %. Das bedeutet, über ein Viertel der Energie aus der Verbrennung wird nicht genutzt.

Es gibt darum viel Potenzial, Energie und Geld bei der Wärmeversorgung zu sparen. Dafür muss der Wirkungsgrad von verschiedenen Heizsystemen betrachtet werden. Gebäudeheizungen mit modernen **Brennwertkesseln** haben deutlich höhere Wirkungsgrade von 95 bis 98 %. Allerdings werden hier nach wie vor im Wesentlichen knappe und klimaschädliche fossile Brennstoffe verwendet. Das Heizen mit regenerativen Energieträgern wie Holzpellets bzw. Hackschnitzeln wäre in der Theorie besser. Praktisch würden hierfür jedoch immense Lagergrößen für die Bevorratung oder ein getaktetes Logistiksystem erforderlich sein. Rechnerisch benötigt ein 400-Betten-Krankenhaus 5,7 Tonnen Pellets pro Tag, wenn es ausschließlich mit Pellets Wärme erzeugen würde.

WÄRMEPUMPEN SIND HOCH-EFFIZIENT, ABER NICHT IMMER

Aus Sicht des Wirkungsgrades sind (Groß-)Wärmepumpen noch besser. Sie erreichen einen sog. COP (Coefficient of Performance)-Wirkungsgrad von 300 bis über 500 %. Mit Hilfe von einer kWh Stromenergie können Wärmepumpen drei bis fünf kWh Wärmeenergie erzeugen, weil sie Temperaturunterschiede zwischen einem Kältemittel und der Umgebung (im einfachsten Fall: Luft) nutzen und so der Umgebung Wärme entziehen. Der Betrieb einer Wärmepumpe benötigt Strom. Solange hohe Wirkungsgrade einer Wärmepumpe erreicht werden, ist das Heizen somit günstiger als mit gewöhnlichen Kesseln.

Allerdings können derart hohe Wirkungsgrade nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen erreicht werden. Wärmepumpen funktionieren umso besser, je höher die **Temperatur der Wärmequelle** ist. Im Winter ist die Luft als Wärmequelle jedoch nicht gut geeignet. Darum werden Wärmepumpen häufig mit Geothermie (Erdwärme), Solarthermie (Sonnenwärme) oder anderen Wärmequellen (z. B. Blockheizkraftwerk) kombiniert. Ebenso sollte die **Gebäudedämmung** gut sein, weil sonst ein zu hoher Temperaturvorlauf gesichert werden muss. Ein **Temperaturvorlauf** von über 50 Grad Celsius ist erfahrungsgemäß nicht mehr wirtschaftlich. Gut gedämmte Häuser haben einen vielfach geringeren Wärmebedarf, sodass es mit einer weniger leistungsfähigen und günstigeren Heizung auskommen würde.

JÄHRLICHE EFFEKTE EINES BRENNWERTKESSELS

Betriebskosten gespart

€ 25-31 Tsd.

Energie gespart

450 - 556 Tsd.

kWh

Treibhausgasemissionen vermieden

82 - 101 t

CO₂



Investitionsvolumen

100.000 -
200.000 €



Amortisationsdauer

3 - 8 Jahre

Anmerkung: Grobe Modellrechnung für ein durchschnittliches Krankenhaus mit 400 Betten, das Brennwertkessel mit einer Leistung von 1.000 kW einsetzt. Die Referenztechnologie ist eine Gasheizung mit Niedertemperaturkessel. Quelle: hcb.

Die Nutzung einer Großwärmepumpe dürfte daher ohne weitere Dämmmaßnahmen für einige Krankenhäuser im Bestand derzeit betriebswirtschaftlich nicht sinnvoll sein. Zu beachten ist auch, dass eine Wärmepumpe nicht den gesamten Heizbedarf eines Krankenhauses abdecken wird. Für den Spitzbedarf an Heizenergie wird man ohnehin Brennwertkessel bereithalten müssen. In harten Wintern würde man dann Brennstoffe verbrennen, um einen ausreichend hohen Vorlauf zu sichern und den Stromverbrauch für den Betrieb der Wärmepumpe gering zu halten.

Der Ersatz veralteter Kessel durch effiziente Brennwertkessel sollte zukünftige Entwicklungen auf dem Energiemarkt berücksichtigen. Es zeichnet sich aktuell ab, dass in den kommenden zehn Jahren (grüner) **Wasserstoff** eine größere Bedeutung in der Energieversorgung erlangen könnte. Man sollte daher Brennwertkessel anschaffen, die „H₂-ready“ sind, also auch mit Wasserstoff betrieben werden können. Auch keine Zukunftsmusik mehr ist das Heizen (sowie die Stromerzeugung) durch **Brennstoffzellen-Heizungen**. Mit Wirkungsgraden von ca. 90 % und kostengünstigem sowie klimafreund-

lichem Betrieb sind sie jedoch überlegenswert. Bei Brennstoffzellenheizungen findet eine elektrochemische Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff statt. Dadurch fallen typische Abwärmeverluste wie bei thermischen Verbrennungen kaum an. Im Krankenhausbereich ist diese Art zu heizen und Strom zu erzeugen derzeit kein Standard. Doch in den kommenden Jahren sind hier technische Weiterentwicklungen zu erwarten.

FÖRDERMITTEL: GEBÄUDEHEIZUNGEN

Für die Erneuerung von Heizungstechnik stehen staatliche Zuschüsse zur Verfügung. Das Programm „Bundesförderung für effiziente Gebäude“, Unterprogramm „Anlagen zur Wärmeerzeugung“ bezuschusst etwa Investitionen in Biomasseheizungen, Wärmepumpen, Hybridheizungen, innovative Heizanlagen auf Basis erneuerbarer Energien sowie den

Anschluss an ein Gebäude- oder Wärmenetz. Die Förderhöhe beträgt mindestens 10-20 % der Investitionskosten und ist nicht beihilferelevant. Das bedeutet, die sog. De-Minimis-Begrenzung von max. 200.000 EUR Förderung über einen Zeitraum von drei Jahren entfällt.

BEISPIEL: VARISANO KLINIKUM FRANKFURT HÖCHST

Am 4. Februar 2023 betreten die ersten Patienten den Neubau des varisano Klinikums Frankfurt Höchst. Das Haus ist im Passivhaus-Standard gebaut worden und liegt damit deutlich über den Mindestanforderungen. Durch eine hohe Gebäudedämmung und modernste Anlagentechnik liegt der Heizwärmebedarf dieses Hauses bei höchstens 15 kWh pro Quadratmeter. Das Klinikum konnte darum erfolgreich nach PHPP (Passivhaus Institut) zertifiziert werden.

DÄMMUNG VON GEBÄUDEN

- ▶ Ein gedämmtes Krankenhaus benötigt deutlich weniger Wärmeenergie.
- ▶ Je nach Beschaffenheit des Gebäudes kommen verschiedene Arten der Dämmung in Frage.
- ▶ Erst durch eine optimale Gebäudedämmung entfalten andere Energie-sparmaßnahmen ihre volle Wirkung.

WÄRMEVERLUSTE DURCH MANGELNDE DÄMMUNG



Quelle: hcb.

WÄRMEVERLUSTE DURCH DÄMMUNG VERMEIDEN

Viele Krankenhausgebäude haben eine veraltete Bausubstanz. Dadurch geht viel Heizwärme verloren, insbesondere durch nicht oder schlecht gedämmte Fassaden, Dächer und Fenster. Eine zeitgemäße **Gebäudedämmung** des Krankenhauses sorgt für Hitzeschutz im Sommer und für geringe Wärmeverluste im Winter. Sie kann in vielen Fällen als Basis für weitere Maßnahmen angesehen werden. Beispielsweise könnten viele Lüftungs- und Heizungsanlagen deutlich geringer dimensioniert sein, wenn sie die Wärmeverluste nicht ausgleichen müssten.

Eine entscheidende Kennzahl bei der Wahl der Maßnahme ist der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert). Je niedriger der U-Wert eines Bauteils oder eines Dämmstandards ist, desto geringer ist der Energieverlust. Ein Beispiel: Der Einbau dreifach verglaster **Fenster** (inkl. moderner Rahmen) ist die vergleichbar schnellste Maßnahme bei der Gebäudedämmung. Während einfachverglaste Fenster einen U-Wert von 5 bis 6 ausweisen, sind es bei doppeltverglasten Fenstern 1,1 bis 1,4. Lediglich die Dreifachverglasung hat einen U-Wert von unter 1,1.

Schwieriger ist dagegen die nachträgliche Dämmung der **Fassaden** von Bestandsbauten. Sie können von außen und innen gedämmt werden. Welche Art der Außendämmung eingesetzt wird, hängt von der Beschaffenheit des Gebäudes ab. Es können Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) zum Einsatz kommen. Hierbei werden an der Außenseite des Krankenhauses Dämmstoffplatten angebracht, verdübelt und verputzt. Neben eines WDVS kommt auch eine hinterlüftete Vorhangfassade in Frage. Das Verputzen der Dämmstoffplatten, wie bei dem WDVS, entfällt hier. Stattdessen wird auf dem Dämmstoff ein Gerüst installiert, auf dem eine Verkleidung eingesetzt wird. Anfallende Feuchtigkeit kann durch die Luftzirkulation hinter der Verkleidung abgeführt werden, was der Schimmelbildung vorbeugt. Eine andere Variante sind Kern- bzw. Einblasdämmungen. Diese wird häufig bei mehrschaligem Mauerwerk eingesetzt. Es werden Löcher in das Mauerwerk gebohrt und anschließend Dämmstoffe (Mineralschaum oder -wolle) in das Mauerwerk eingeblasen. Der Wärmedämmeffekt ist aufgrund des limitierten Hohlraums gering.

GEBÄUDE-DÄMMUNG IST ANSPRUCHSVOLL UND AUFWENDIG

Es kann aber sein, dass bestimmte Krankenhausgebäude nicht für Außendämmungen in Frage kommen. Das gilt für Gebäude mit denkmalgeschützten oder aufwendig gestalteten Fassaden. Kommt nur eine Innendämmung in Frage, ist diese zwar kostengünstiger als die Außendämmung. Sie stellt jedoch eine handwerkliche Herausforderung dar. Eine nicht fachgerechte Ausführung birgt Risiken, wie die Bildung von Wärmebrücken oder das Risiko einer Tauwasserbildung zwischen der Innendämmung und der Außenwand, was zu Schimmelbildung im Inneren der Räume führen kann. Durch die Dämmschicht verkleinert sich die Nutzfläche der Räumlichkeiten. Sofern Wärmeverteilsysteme (Heizungsrohre) an den Wänden verlaufen, müssen diese bei der Dämmung mitberücksichtigt werden.

JÄHRLICHE EFFEKTE GEBÄUDEDÄMMUNG

Betriebskosten gespart

250 - 277 Tsd.

€

Energie gespart

4.500 - 5.000 Tsd.

kWh

Treibhausgasemissionen vermieden

819 - 910 t

CO₂



Investitionsvolumen

20 Mio. -
25 Mio. €



Amortisationsdauer¹

18 - 25 Jahre

Anmerkung: Grobe Modellrechnung für ein Maßnahmenbündel, bei dem ein Krankenhaus mit einer Bruttogeschossfläche von 45.000 qm gedämmt wird. Die Dämmungsmaßnahmen umfassen Fassaden, Dach, Keller und Fenster.
¹Für die Modellrechnung wurde zugrunde gelegt, dass eine staatliche Förderung 75 % des Investitionsvolumens deckt.
Quelle: hcb

Welche Dämmarten bei **Dächern** zum Einsatz kommen, hängt von der Art des Daches ab. Die Dämmung von Flachdächern unterscheidet sich von der Steildachdämmung. Die meisten Krankenhäuser dürften über Flachdächer verfügen. Im Gegensatz zu Steildächern spielen bei Flachdächern die Abdichtung und Entwässerung eine wichtige Rolle. Es kommen unterschiedliche Dämmarten in Frage, bei denen die Abdichtung über die Dämmung kommt (Kaltdach, Warmdach) oder umgekehrt (Umkehrdach). Neben der zu dämmenden Dachfläche ist auch die Höhe der Aufkantung entscheidend.





**VIELE MASS-
NAHMEN UND
ANSPRECH-
PARTNER
VORHANDEN**

**AUSBLICK:
JETZT ANFANGEN!**

Wir haben gesehen, dass viele Maßnahmen die Energieeffizienz eines Krankenhauses erhöhen können. Bei Neubauten wird Energieeffizienz meist schon ohnehin in der Planungsphase berücksichtigt. In Bestandsbauten müssen Maßnahmen jedoch nachträglich umgesetzt werden. Wünschenswert wäre es hierbei, eine vollständige, aufeinander abgestimmte energetische Sanierung zu realisieren. Doch das ist nicht immer möglich: Entweder fehlen die notwendigen Finanzmittel (z. B. für die Gebäudedämmung) oder die individuellen Gegebenheiten lassen bestimmte Maßnahmen nicht zu (z. B. Geothermie).

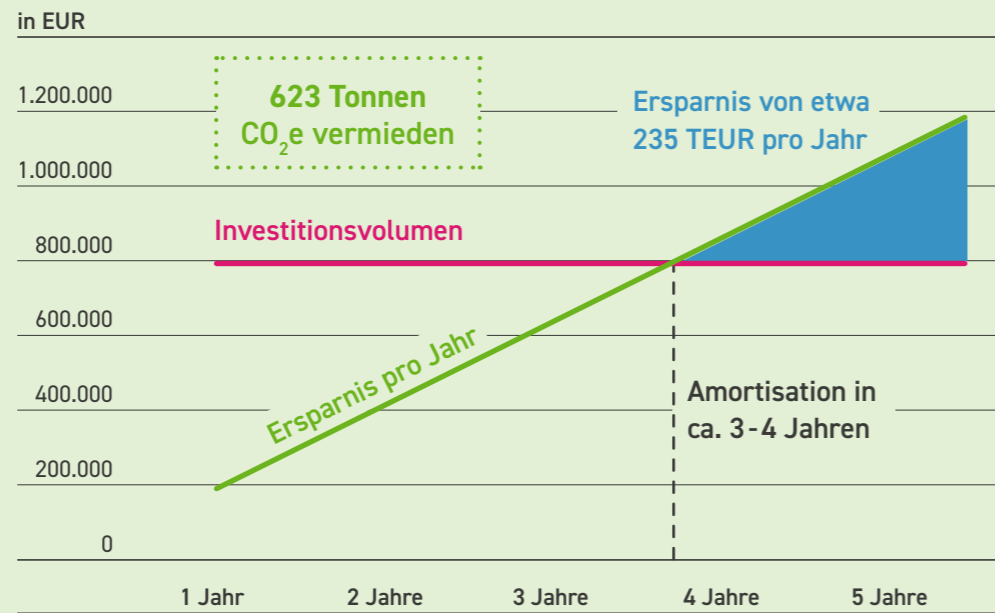
Jede energetische Sanierung stellt einen Einzelfall dar. Zunächst ist zu prüfen, wohin man möchte (Zielbild) und wo man aktuell steht (Energiemanagement und Benchmark). Anschließend können einzelne Schritte und Maßnahmen geplant werden, auch mithilfe von externen Energieberatern, Ingenieurbüros und Energiedienstleistern.

Im Folgenden schlagen wir drei mögliche Maßnahmenpakete vor. Das erste Paket („Universal“) dürfte überall und relativ unabhängig von anderen Maßnahmen umsetzbar sein. Das zweite Paket („Effizienz I“) fügt weitere Maßnahmen hinzu, die höhere Investitionen und aufeinander abgestimmt ausgelegte Maßnahmen erfordern. Schließlich beinhaltet das dritte Paket („Effizienz II“) zusätzlich hochaufwendige Investitionen, die nochmals eine engere Kopplung an andere Maßnahmen erfordern.

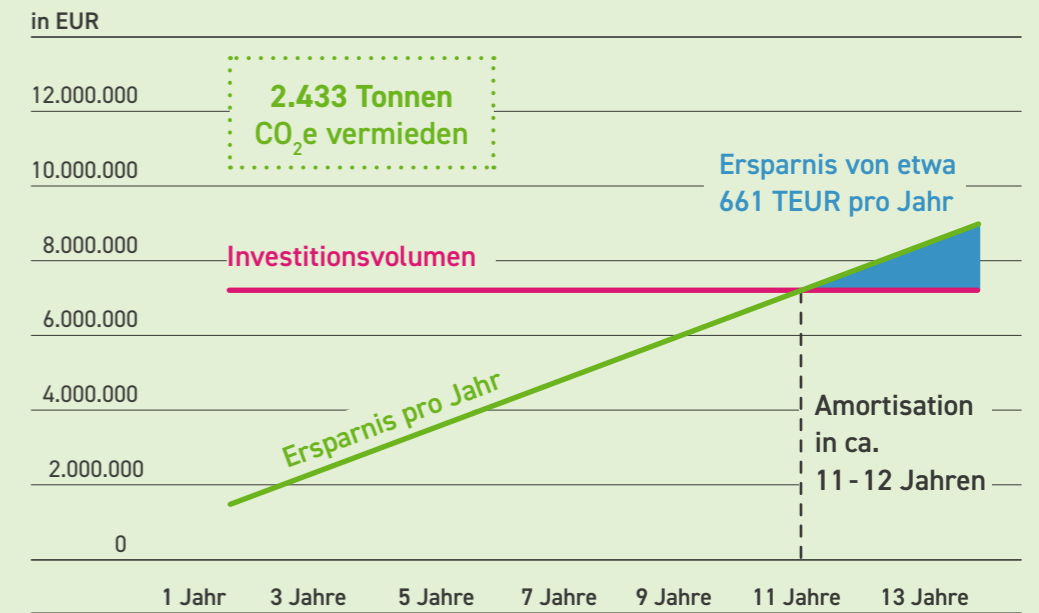
	Universal-Paket	Effizienz-Paket I	Effizienz-Paket II
Zielbild festlegen	ja	ja	ja
Energiesparendes Handeln	ja	ja	ja
Licht und Beleuchtung	ja	ja	ja
Zirkulations- und Umwälzpumpen	ja	ja	ja
Sonnenenergie und Photovoltaik	ja	ja	ja
Raumklima und Kühlung	nein	ja	ja
Energie aus Blockheizkraftwerken	nein	ja	ja
Heiz- und Dampfkessel	nein	ja	ja
Optional: Geo- und Solarthermie, natürliche Wärme- und Kältequellen	nein	ggf.	ggf.
Gebäudedämmung	nein	nein	ja
Optional: Neue Technologien, z. B. Batteriespeicher, Power-to-Gas	nein	nein	ggf.

Welche Einspareffekte realisiert werden können, hängt immer vom Einzelfall ab. Die folgenden Modellrechnungen geben einen Eindruck zu ihrer Größenordnung. Es zeigt sich: Jedes Paket lohnt sich. Durch die aktuell hohen Energiepreise amortisieren sich die Investitionskosten in wenigen Jahren, zugleich werden zukunftsicher große Mengen an Treibhausgasemissionen vermieden. In der Praxis dürften die Einsparungen sogar noch größer sein, weil die Maßnahmen passgenauer aufeinander abgestimmt werden.

Wirtschaftlichkeit des Universal-Pakets

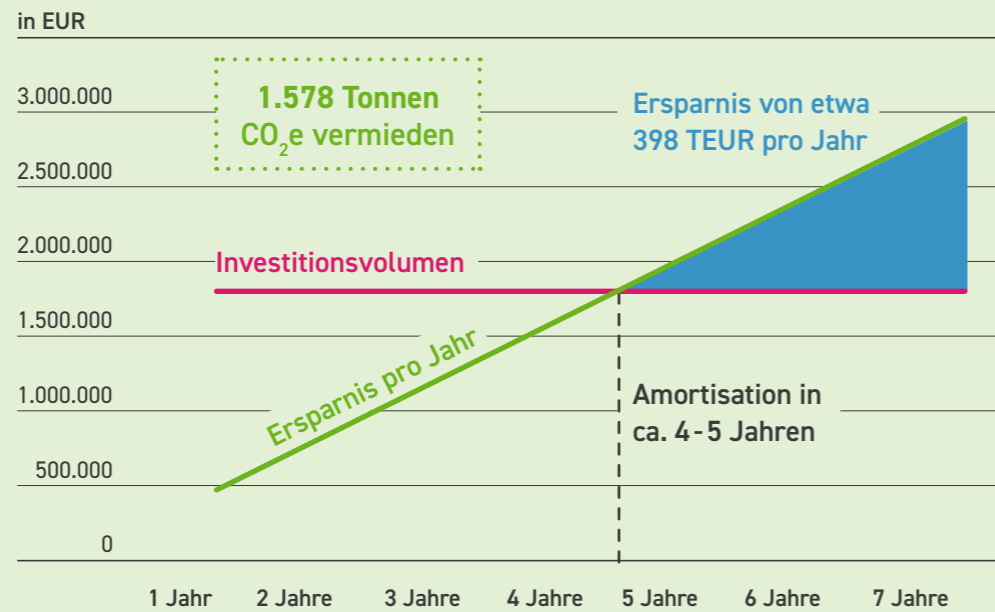


Wirtschaftlichkeit des Effizienz II-Pakets



Quelle: hcb

Wirtschaftlichkeit des Effizienz I-Pakets



Jedes Krankenhaus kann also Energie sparen, selbst wenn die finanziellen Mittel kurzfristig knapp sein sollten. Daneben gibt es Energiedienstleister und Contractoren, die Energiesparmaßnahmen finanzieren können. Die Ansätze und Technologien zu mehr Energieeffizienz sind bereits heute verfügbar. Viele weitere Technologien sind bereits in der Erprobung und Entwicklung, in wenigen Jahren könnten sie schon die Marktreife haben. Spätestens nun – am Ende dieser Broschüre – spricht damit nichts mehr gegen die Aussage: „Einfach mal machen“.

LITERATUR

Herausforderungen und Trends/Status Quo

- ▶ Augurzky, B./Krolop, S./Pilny, A./Schmidt, C.M./Wuckel, C. (2021). Krankenhaus Rating Report 2021. Mit Wucht in die Zukunft katapultiert. medhochzwei Verlag, Heidelberg.
- ▶ Augurzky, B./Krolop, S./Hollenbach, J./Monsees, D./Pilny, A./ Schmidt, C. M./Wuckel, C. (2022). Krankenhaus Rating Report 2022. Vom Krankenhaus zum Geisterhaus? medhochzwei Verlag, Heidelberg.
- ▶ Barmer Versicherung / F.A.Z.-Institut (2022). Klimaneutraler Gesundheitssektor. Meilensteine auf einem langen Weg. Online unter: <https://research.faz-bm.de/klimaneutraler-gesundheitssektor-2022/> (abgerufen am 11.02.2023).
- ▶ Beier, C. (2009). Abschlussbericht – Analyse des Energieverbrauchs und exemplarische Best-practice-Lösungen für relevante Verbrauchssektoren in Krankenhäusern. Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT). Oberhausen.
- ▶ Brennstoffemissionshandelsgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2728), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 9. November 2022 (BGBl. I S. 2006) geändert worden ist.
- ▶ Deutsche Krankenhausgesellschaft (2022). Stellungnahme der Deutschen Krankenhausgesellschaft e.V. zum Entwurf eines Gesetzes vom 29. November 2022 zur Einführung von Preisbremsen für leitungsgebundenes Erdgas und Wärme zur Änderung weiterer Vorschriften (BT-Drs. 20/4683). Stand: 12.12.2022
- ▶ Deutsches Krankenhaus Institut (DKI, 2014). Krankenhaus Barometer. Umfrage 2014. Online unter: https://www.dki.de/sites/default/files/2019-01/krankenhaus_barometer_2014.pdf (abgerufen am 03.01.2023).
- ▶ Deutsches Krankenhaus Institut (DKI, 2022). Klimaschutz in deutschen Krankenhäusern: Status quo, Maßnahmen und Investitionskosten. Online: https://www.dki.de/sites/default/files/2022-10/20220701_DKI-Gutachten_Klimaschutz_in_deutschen_Krankenhausern_final.pdf (abgerufen am 04.01.2023).
- ▶ Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT) (2017). Hospital Engineering – Teilprojekt „Energieeffizienz“ – Energetische Modellierung von Krankenhäusern für Transparenz und Energieeinsparung. Abschlussbericht. Oberhausen.
- ▶ Gebäudeenergiegesetz vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1728), das durch Artikel 18a des Gesetzes vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1237) geändert worden ist.
- ▶ Health Care Without Harm (2019). Health Care's Climate Footprint – How the Health Care Sector contributes to the global climate crisis and opportunities for action. Online: <https://noharm-uscanada.org/Climate-FootprintReport> (abgerufen am 02.01.2023).
- ▶ Richtlinie 2014/95/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 zur Änderung der Richtlinie 2013/34/EU im Hinblick auf die Angabe nichtfinanzieller und die Diversität betreffender Informationen durch bestimmte große Unternehmen und Gruppen Text von Bedeutung für den EWR. Online unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A32014L0095> (abgerufen am 02.01.2023).
- ▶ Richtlinie (EU) 2022/2464 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Dezember 2022 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 537/2014 und der Richtlinien 2004/109/EG, 2006/43/EG und 2013/34/EU hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen (Text von Bedeutung für den EWR). Online unter: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2022.322.01.0015.01.DEU&toc=OJ%3AL%3A2022%3A322%3ATOC (abgerufen am 02.01.2023).
- ▶ RWI (2017). Stand und Weiterentwicklung der Investitionsförderung im Krankenhausbereich. Endbericht. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit. Essen, Leibniz Institut für Wirtschaftsforschung.
- ▶ RWI/ hcb (2022). Investitionsbarometer NRW: Forschungsprojekt im Auftrag der Krankenhausgesellschaft Nordrhein-Westfalen. RWI-Projektberichte. Essen, Leibniz Institut für Wirtschaftsforschung.

- ▶ Statistisches Bundesamt (2022a). Preise – Daten zur Energiepreisentwicklung. Lange Reihen von Januar 2005 bis Oktober 2022. Online unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Publikationen/Energiepreise/energiepreisentwicklung-xlsx-5619001.xlsx?__blob=publicationFile (abgerufen am 04.01.2023).
- ▶ Statistisches Bundesamt (2022b). Kostennachweis der Krankenhäuser 2021. Online unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Krankenhaeuser/Publikationen/Downloads-Krankenhaeuser/kostennachweis-krankenhaeuser-2120630217005.xlsx?__blob=publicationFile (abgerufen am 04.01.2023).
- ▶ Statistisches Bundesamt (2022c). Kostennachweis der Krankenhäuser 2020. Online unter: https://www.statistischebibliothek.de/mir/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00074020/2120630207005.xlsx (abgerufen am 04.01.2023).
- ▶ Statistisches Bundesamt (2022d). Grunddaten der Krankenhäuser. Online unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Krankenhaeuser/Publikationen/Downloads-Krankenhaeuser/grunddaten-krankenhaeuser-2120611217005.xlsx?__blob=publicationFile (abgerufen am 04.01.2023).
- ▶ Statistisches Bundesamt (2022e). Umweltökonomische Gesamtrechnungen. Private Haushalte und Umwelt – Berichtszeitraum 2000-2020. Online unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/private-haushalte/Publikationen/Downloads/haushalte-umwelt-pdf-5851319.pdf?__blob=publicationFile (abgerufen am 08.01.2023).

Maßnahmen

- ▶ Augurzky, B. / Lueke, S. (2022). Das klimaneutrale Krankenhaus. Finanzierungsmöglichkeiten von Umsetzungsmaßnahmen. Gutachten im Auftrag der Krankenhausgesellschaft Nordrhein-Westfalen e. V. (KGNW). Essen.
- ▶ Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V. (ASUE, 2010). Blockheizkraftwerke in Krankenhäusern. Kostensenkung durch effiziente Strom- und Wärmeerzeugung. Berlin.
- ▶ Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V. (ASUE, 2017). Contracting Dienstleistungen von Energieversorgungsunternehmen. Berlin.
- ▶ Bundesamt für Energie (2021). Energiespeichertechnologien Kurzübersicht 2021. Bern.
- ▶ Dickhoff, A./ Grah, C./ Schulz, C./ Weidmann, E. (o. J.). Klimagerechte Gesundheitseinrichtungen. Rahmenwerk, Version 1.0. Online unter: <https://www.klimawandel-gesundheit.de> (abgerufen am 04.01.2023).
- ▶ Energieagentur.NRW (2009). Leitfaden Energieeffizienz für Krankenhäuser. Düsseldorf.
- ▶ Österreichische Energieagentur (2007). Energieeffizienz in Kältesystemen. Online unter: https://www.ztk.at/dl/Energieeffizienz_Kaeltesysteme_klima_aktiv.pdf (abgerufen am 14.12.2022).
- ▶ Passivhaus-Institut (2013). Umsetzung des Passivhaus-Konzepts in Krankenhäusern. Im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Darmstadt.
- ▶ Schmidt, D./Goetschkes, C./Pollerberg, C. (2020). Kältetechnik in Deutschland – Steckbriefe zu Kältetechnologien. Herausgegeben vom Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT). Oberhausen.
- ▶ Stiftung viamedica (2009). Klinergie 2020 - Energieeffizienz in deutschen Kliniken.
- ▶ Wagner, O./Jansen, U./ Tholen, L./Bierwirth, A. (2022). Zielbild: Klimaneutrales Krankenhaus (Wuppertal Report Nr. 24). Wuppertal Institut.
- ▶ Werner, J.A./Kaatz, T./Schmidt-Rumposch, A. (Hrsg., 2022). Green Hospital – Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung im Krankenhaus. Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft. Berlin.
- ▶ Witt, D./Brüning, C. (2017). Wieviel Strom verbrauchen Großgeräte? kma (Jahrgang 22, Oktober).

IMPRESSUM

Stand: 03/2023

Herausgeber

STIFTUNG MÜNCH

Salzburger Leite 1 | Campus Haus 13
97616 Bad Neustadt a.d. Saale

T +49 (0)160 410 79 34

kontakt@stiftung-muench.org

www.stiftung-muench.org

V. i. S. d. P.

Annette Kennel

Gestaltung

Sonja März

Autoren

Dr. Sven Lueke, Dr. Adam Pilny

Die Studie wurde im Auftrag der
Stiftung Münch vom Institute
for Health Care Business GmbH
durchgeführt.

Druckerei

MAX SIEMEN KG

Fotos

S13: ©Marien Kliniken Siegen/
Gasag Solution Plus

S17: ©Aon Khanisorn, shutterstock

S21: ©Helios Gesundheit

S25: ©Klinikum Herford

S27: ©NavinTar, shutterstock

S33: ©Franziskus Hospital Bielefeld

S35: ©FOTOGGRIN, shutterstock

S39: ©geogif, shutterstock

S49: ©Roman023_photography,
shutterstock

Vorstand: Prof. Dr. Boris Augurzky (Vorstandsvorsitzender), Eugen Münch (stellvertretender Vorstandsvorsitzender), Prof. Dr. med. Bernd Griewing, Dr. Christian Zschocke
Geschäftsführung: Annette Kennel

Die Stiftung Münch ist durch die Regierung von Unterfranken mit Anerkennungsurkunde vom 4. Juni 2014 als Stiftung bürgerlichen Rechts anerkannt, Stiftungsverzeichnis Nr. 44-1222.00-CC-1-64

STIFTUNG MÜNCH

Salzburger Leite 1
Campus Haus 13
97616 Bad Neustadt a.d. Saale

T +49 (0)160 410 79 34
kontakt@stiftung-muench.org
www.stiftung-muench.org

