

Klimaschutz im Gebäudesektor

# Optimierungspotenziale identifizieren und aus- schöpfen



Advimo

---

**Mehr Wert.  
Mehr Vertrauen.**

Whitepaper

# Inhalt

## 1 AUSGANGSSITUATION

### 1.1 REGULATORISCHER HINTERGRUND

### 1.2 GAP-ANALYSE ZUM KLIMANEUTRALEN GEBÄUDE

### 1.3 NACHSCHÄRFUNGEN ERFORDERLICH

## 2 MASSNAHMENKATALOG UND METHODIK ZUR ERREICHUNG DER ZIELE

### 2.1 METHODIK

### 2.2 MASSNAHMEN UND BETRACHTUNGEN IM NEUBAU UND DER KERNSANIERUNG

#### 2.2.1 MASSNAHMEN ZUR GEBÄUDEHÜLLE

#### 2.2.2 MASSNAHMEN ZUR ANLAGENTECHNIK

#### 2.2.3 MASSNAHMEN SEKTORENKOPPLUNG

#### 2.2.4 SOFORTMASSNAHMEN

## 3 ZUSAMMENFASSUNG

# 1 Ausgangssituation

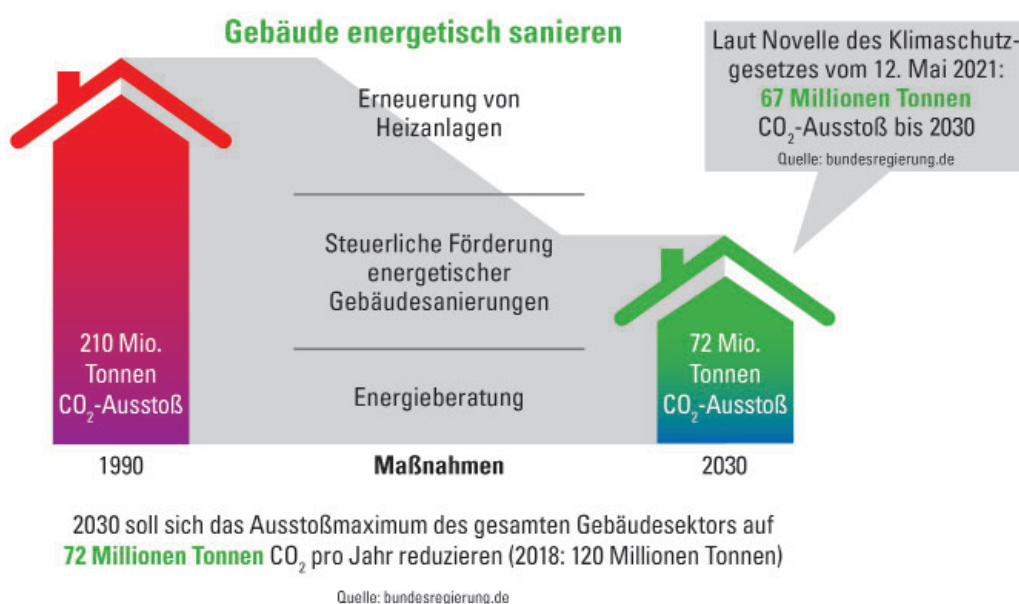
## 1.1 Regulatorischer Hintergrund

Im Jahr 2015 haben über 190 Staaten und die Europäische Union (EU) im Rahmen des Pariser Klimaabkommens beschlossen, den Klimawandel zu bremsen und seine Auswirkungen abzufedern. Die Staaten einigten sich auf ein langfristiges Ziel: den Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur auf unter 2 °C gegenüber vorindustriellen Werten zu begrenzen, möglichst sogar auf 1,5 °C.

Den einzelnen Staaten ist vorgegeben, die Emissionen von Treibhausgasen (THG) so schnell wie möglich mit den zur Verfügung stehenden Techniken zu reduzieren.<sup>(3)</sup> Zudem hat die EU sich im Jahr 2019 mit dem Europäischen Green Deal ein rechtlich bindendes Ziel zur Klimaneutralität bis 2050 gesetzt. Europa soll damit der erste klimaneutrale Kontinent werden.<sup>(4)</sup> Eines der Unterziele ist, dass eine verpflichtende Sanierungsstrategie für Bestandsgebäude unter anderem den kosteneffizienten Umbau bestehender Gebäude in Niedrigstenergiegebäude erleichtern soll, um bis zum Jahr 2050 einen energieeffizienten und dekarbonisierten Gebäudebestand zu erreichen.<sup>(5)</sup> In der EU-Richtlinie Energy Performance of Building Directive (EPBD) wird vorgegeben, dass die THG-Emissionen in Kilogramm (kg) CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Quadratmeter (m<sup>2</sup>) und Jahr (a) und der Primärenergieverbrauch in Kilowattstunden (kWh)/(m<sup>2</sup>\*a) zu bilanzieren sind.<sup>(6)</sup> Gegenüber 1990 sollen die THG-Emissionen bis 2030 40 % geringer sein, im Jahr 2050 sogar 80 bis 95 %. Die Meilensteine sind in den Mitgliedsstaaten zu definieren.<sup>(7)</sup> Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicher-

heit hat im Rahmen des Klimaschutzgesetzes einen Fahrplan definiert, der unter anderem den Gebäudesektor betrachtet. Dieser soll im Jahr 2030 nur noch 70 bis 72 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent ausstoßen, was circa 66 % weniger als 1990 wäre.<sup>(8)</sup> Die primärenergetischen Zielwerte für den nicht erneuerbaren Anteil für Wohngebäude liegen im Jahr 2050 bei 40 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) und für Nichtwohngebäude bei 52 kWh/(m<sup>2</sup>\*a).<sup>(9)</sup> Grundlage der Bilanzierung ist das Quellprinzip, das heißt, die aus anderen Sektoren bezogene Energie und damit einhergehenden THG-Emissionen werden nicht berücksichtigt. Beim Quellprinzip gibt es folglich den Sektor „Gebäude“ und den Sektor „Energie“, die getrennt voneinander betrachtet und bilanziert werden.

Legt man die aktuelle Novelle des Klimaschutzgesetzes vom 12. Mai 2021 zugrunde, so müssen diese Zielwerte bereits 2045 erreicht werden. Auf dem Weg dorthin wurde auch das „Etappenziel 2030“ verändert: Der Gebäudesektor soll in neun Jahren nur noch 67 statt der zuvor festgelegten 70 bis 72 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent ausstoßen.<sup>(10)</sup> Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie bilanziert nach dem Verursacherprinzip. Hierbei werden der Endenergieverbrauch und die THG-Emissionen für den gesamten Sektor „Gebäude“ ermittelt. Das Sektorziel wird anschließend auf jedes einzelne Gebäude bezogen und bilanziert. Der Endenergiebedarf soll bei Wohngebäuden zwischen 74 und 104 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) sowie bei Nichtwohngebäuden zwischen 100 und 139 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) liegen.<sup>(11)</sup>



## 1.2 Gap-Analyse zum klimaneutralen Gebäude

Um einen effizienten und nachhaltigen Gebäudebestand in Deutschland zu fördern, wurde im November 2020 das Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (kurz: Gebäudeenergiegesetz – GEG) auf den Weg gebracht. Das GEG vereinheitlicht das Energiesparrecht für Gebäude. Es führt das Energieeinspargesetz (EnEG), die Energieeinsparverordnung (EnEV) und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) in einem Gesetz zusammen, mit dem übergeordneten Ziel, einen einfacheren ordnungsrechtlichen Rahmen, insbesondere für Niedrigstenergiegebäude-Standards, zu bilden. Das GEG definiert ein Referenzgebäude, nach dem sich Neubauten zu richten haben. Fakt ist jedoch, dass es sich um das gleiche Referenzgebäude wie 2009 handelt, das in den vergangenen zwölf Jahren nur einmal eine Verschärfung um 25 % erhalten hat und so bereits in der EnEV beschrieben war. Ein solches Gebäude ist aber kein innovatives Gebäude, das wie von den Vereinten Nationen gefordert mit den zur Verfügung stehenden technischen Lösungen ausgestattet ist.<sup>(12)</sup> Das Problem dabei ist die verlorene Zeit, zumal auch schon bei der letzten Verschärfung im Jahr 2016 der Blick in die Vergangenheit gerichtet war und nicht – wie nötig gewesen wäre – in die Zukunft. Da Neubauten nach der Erstellung in der Regel frühestens nach 10 Jahren und teilweise sogar erst nach 30 Jahren verändert werden, ist der Standard der aktuellen Neubauten mit Blick auf den Klimaschutz zu niedrig. Aktuell gibt es wegen der Unsicherheit auch keine Klarheit für Planer und die Immobilienwirtschaft. Im Gebäudesektor gibt es bisher kaum Einsparungen im Zuge des Klima-

schutzplans. Hintergrund sind die fehlenden Rahmenbedingungen. Hinzu kommt, dass bei der Planung zu diesem Zeitpunkt am Markt verfügbare Materialien und Komponenten berücksichtigt werden, die aber dann bedingt durch langwierige Ausschreibungs- und Vergabeverfahren mit entsprechender Verzögerung im Gebäude verbaut werden und dann unter Umständen nicht mehr dem neuesten Stand entsprechen. Zudem wird auf Grund von Erfahrungswerten und etwaigen Gewährleistungsansprüchen bevorzugt auf Bekanntes gesetzt. Um die Klimaziele zu erreichen, müssten nach einer vorsichtigen Schätzung sämtliche Gebäude den Effizienzhaus-Standard 55 bis 2045 erfüllen. Zum Hintergrund: Als Referenz dient das Effizienzhaus 100 nach den Vorgaben der EnEV. Das Effizienzhaus 55 benötigt verglichen mit dem Referenzgebäude nur 55 % der Primärenergie. Der Transmissionswärmeverlust beträgt zudem nur 70 %, somit ist der bauliche Wärmeschutz um 30 % besser.<sup>(13)</sup> Insbesondere die Neubauten verfehlen die Möglichkeit, den Effizienzhaus-Standard 55 deutlich zu unterschreiten und gleichzeitig den notwendigen Puffer mit Blick auf die Gesamtheit aller Gebäude bereitzustellen. Zwischen 2000 und 2010 ist der spezifische Brennstoff- und Fernwärmebedarf um 26,4 % gesunken. Die Reduktion zwischen 2010 und 2019 betrug im Schnitt nur noch 2 %, was durch die gleichzeitige Erhöhung der Wohnfläche zunichte gemacht wurde. Der reale Wärmebedarf ist dadurch sogar gestiegen.<sup>(14)</sup> Die vorgegebene Sanierungsquote von 2 % wird nicht eingehalten, sondern liegt bei circa 1 %. Das ist zu wenig, um die Ziele für 2045 zu erreichen.<sup>(15)</sup>

## 1.3 Nachschärfungen erforderlich

TÜV SÜD empfiehlt, mit Blick auf die energie- und klimapolitischen Ziele in folgenden Bereichen das Referenzgebäude nachzuschärfen:

- Bessere Dämmungen an der Gebäudehülle in Richtung eines Passivhausstandards
- Höherer Wärmerückgewinnungsgrad bei den Lüftungsanlagen
- Beleuchtung generell mit LEDs, Wegfall aller Leuchtstofflampen mit EVGs
- Optimierung und Vernetzung der gesamten Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) und der Gebäudeleittechnik (GLT), um überschneidende Regelzyklen zu minimieren (freie Kühlung, Fensteröffnung versus Heiz-/Kühlbetrieb)

Oftmals wird das zur Verfügung stehende Potenzial nicht richtig ausgeschöpft. Dazu ein Beispiel: Ein Gebäude „nutzt“ in bestimmten Bereichen die Einsparungen im Vergleich zum Referenzgebäude, ist dafür aber in anderen Bereichen schlechter, weil unter anderem die Wärme-

brücken nicht nachgewiesen wurden. Zudem wird in den Gesetzesgrundlagen jeweils auf den operativen Strom- und Wärmeverbrauch fokussiert. Berücksichtigt werden aber nicht die für den Neubau entstehenden THG-Emissionen. Denn für die Konstruktionen, die zu einem großen Teil aus Beton und Stahl bestehen, fallen hohe THG-Emissionen an, die mit Hilfe einer Lebenszyklusanalyse auf Basis des Treibhauspotenzials (Global Warming Potential, GWP) bilanziert werden können. Das Treibhauspotenzial kann verschiedene Gase betreffen, nutzt aber immer CO<sub>2</sub> als Referenz und wird daher in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten angegeben. Der Bilanzierungsrahmen dafür bezieht sich auf 100 Jahre. Bei Neubauten kann der auch „graue Emissionen“ genannte Anteil von in Baumaterialien gespeicherten THG-Emissionen durchaus 30 bis 50 % der im Lebenszyklus auftretenden Emissionen ausmachen. Beim Neubau sollte deshalb der Fokus besonders auf der Materialauswahl liegen, während im Bestand die energetische Sanierung und Optimierung in den Vordergrund zu stellen ist.



# 2 Maßnahmenkatalog und Methodik zur Erreichung der Ziele

Durch die bereits geschilderten regulatorischen Hintergründe und die GAP-Analyse ist deutlich geworden, dass der Gebäudesektor mit pragmatischen Lösungen eine möglichst schnelle Reduktion von Treibhausgasen erreichen muss. TÜV SÜD schlägt vor, dass sich Maßnahmen in den vier folgenden Säulen wiederfinden müssen.

- I. Einsparen von THG-Emissionen durch Verringerung des Energiebedarfs
- II. Ersetzen der fossilen Energieträger durch regenerative Energien
- III. Einsparen von Ressourcen und Einsatz nachhaltiger und recyclebarer Rohstoffe
- IV. Kopplung des Gebäudes mit anderen Sektoren

Diese Maßnahmen sollten bei jeder weiteren Investitionsentscheidung im Gebäudesektor berücksichtigt werden, unabhängig davon, ob es sich um einen Neubau, eine Kernsanierung eines Bestandsgebäudes oder einer Einzelmaßnahme handelt.

Unterstützt und forciert wird dieses Vorgehen von der Verordnung (EU) 2020/852 Taxonomie-Verordnung, welche seitens des Europäischen Parlaments und des Rates am 22. Juni 2020 veröffentlicht wurde. Die Verordnung zielt darauf ab, einen Rahmen für nachhaltige Investitionen zu definieren, damit „im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) ein Binnenmarkt errichtet wird“, „mit dem unter anderem auf der Grundlage eines ausgewogenen Wirtschaftswachstums sowie eines hohen Maßes an Umweltschutz und Verbesserung der Umweltqualität auf die nachhaltige Entwicklung Europas hingewirkt wird.“ <sup>[Taxonomie]</sup> Die Ver-

ordnung fordert von den Finanzmarktteilnehmern, dass sie Transparenz schaffen, inwiefern ihr Produkt oder ihre Investition hinsichtlich der in Artikel 9 definierten EU-Umweltziele

- a) Klimaschutz
- b) Anpassung an den Klimawandel
- c) nachhaltige Nutzung und Schutz von Wasser- und Meeresressourcen
- d) Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft
- e) Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung
- f) Schutz und Wiederherstellung der Biodiversität der Ökosysteme

einen wesentlichen Beitrag leistet und keine erheblichen Beeinträchtigungen bewirken. Das meistbetrachtete und auch derzeit als am wichtigsten empfundene Klimaziel ist der Klimaschutz durch die Reduktion der Treibhausgase und die Senkung des Energieeinsatzes. Diese Maßnahmen sind auch im regulatorischen Bereich am stärksten fokussiert und werden hier im weiteren Verlauf stärker gewichtet. Die Taxonomieverordnung wird alle paar Jahre aktualisiert. Die derzeitige erste Version, die 2023 wieder angepasst werden soll, definiert gerade im Neubaubereich zu geringe Anforderungen, da die Definition eines nachhaltigen Gebäudes überwiegend an die nationalen Gesetzgeber übergeben wird. Wie bereits geschildert ist im deutschen Recht das GEG verantwortlich und entspricht nicht den Vorstellungen eines nachhaltigen Gebäudes im Sinne des TÜV SÜD.

## 2.1 Methodik

Um Maßnahmen oder Planungsvorgaben zu entwickeln, setzt TÜV SÜD auf digitale Werkzeuge und Prozesse entlang des Lebenszyklus einer Immobilie. Wobei diese vor allem bei der Konzeptionierung und Planung eines Neubaus einen größeren Effizienzgewinn haben. Gebäude müssen standardisierter und schneller geplant werden, um die Mehrkosten für effizientere Anlagen und einer adäquaten Gebäudehülle auszugleichen. Daher setzen wir uns ab einer gewissen Baugröße im Nichtwohngebäudebereich für den konsequenten Einsatz von Building Information Modelling (BIM) ein. BIM-Manager sollten bereits in der frühesten Planungsphase eingesetzt werden, um im gesamten Planungsprozess bindende Vorgaben an die verschiedenen Gewerke zu definieren und einen permanenten aktuellen Informationsfluss sicherzustellen.

Der Energiebedarf für Heiz- und Kühllasten (vgl. Umweltziel a), sollte unter Berücksichtigung von Behaglichkeitskriterien (vgl. Umweltziel b), mit dynamischen thermischen Gebäudesimulationen, die unter Einbeziehung von Realwetterdaten des Standortes über ein gesamtes Jahr Ergebnisse im Minutentakt produzieren, verringert werden. Pauschalwerte für Gebäudehüllen sowie Isolationsdicken und Fensterverglasungen können in ähnlichen Klimazonen für standardisierte Wohngebäude, die in Deutschland 44 % aller Wohngebäude ausmachen, abgeschätzt werden. Eine Simulation wird immer den optimalen Weg zwischen Ressourceneinsatz für die Dämmung und gesparten Energiebedarf finden. Dieses Vorgehen ist weltweit unabhängig vom Standort gültig.

Ebenso ist die Effizienz der Übertragungssysteme (vgl. Umweltziel a), genauer zu begutachten. Infolge der individuellen Betrachtung der Wärme- und Kühllast sind die unterschiedlichen Zonen im Gebäude nicht pauschal, sondern gezielt mit der entsprechenden Leistung zu versorgen. Ebenso sollte der elektrische Bedarf des Gebäudes betrachtet werden. Mit der Kenntnis des Bedarfes für Wärme, Kälte und Strom im Jahresverlauf kann in einer frühen Planungs- oder Sanierungsphase entwickelt werden, wie das Gebäude mittels erneuerbarer Energien oder Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungs-Anlagen (KWKK) (vgl. Umweltziel a), versorgt werden sollte. Dazu sind weitere regulatorische Anpassungen notwendig. Entsprechende Gewerkeplaner müssen Datengrundlagen wie innere

Lasten nicht zur normativen Beheizung eines Objektes ansetzen, was zu deutlicher Überdimensionierung von Heizsystemen führt und die Effizienz des Gebäudes verringert. Häufig tritt zusätzlich der Fall auf, dass die Nutzer in der frühen Projektphase noch nicht feststehen, was eine realistische Einschätzung des Bedarfs an Wärme, Kälte und Strom erschwert. Dafür muss ein Konzept eine modulare Erweiterung berücksichtigen, damit Anlagen nicht automatisch überdimensioniert werden.

Zur Berechnung des Treibhausgaspotenzials (GWP) des Bauvorhabens im Lebenszyklus wird eine Ökobilanz erstellt, um etwaige hochemittierende Materialien von vornherein auszuschließen (vgl. Umweltziele a und d). Die Betrachtung der grauen Energien, also der durch Material, Bau und Abriss entstehenden Treibhausgasemissionen müssen berücksichtigt werden, um auch eine bessere Abwägung zwischen Neubau oder Sanierung von Bestandsgebäuden treffen zu können. Den weltweiten Energiebedarf im Gebäudesektor zu senken bedeutet auch, möglichst Bestandsgebäude zu optimieren, da sich bereits bis zu 30 % der im Lebenszyklus entstandenen THG-Emissionen in den grauen Emissionen befinden.

Die hier kurz vorgestellten Methoden haben einen überwiegenden Einfluss auf den Klimaschutz (Umweltziel a). Um im Neubau EU-Taxonomie-Konformität zu erreichen, sollte der Primärenergiebedarf 10 % unter der nationalen Definition des Niedrigstenergiegebäudes liegen. In Deutschland gibt das Gebäudeenergiegesetz (GEG) vor, was ein Niedrigstenergiegebäude ist. Dementsprechend geringer muss der Primärenergiebedarf sein. Ebenso ist bei Gebäuden ab 5.000 m<sup>2</sup> das Treibhausgaspotenzial offenzulegen, um konform zu sein.

Weitere Unterstützung zur Errichtung eines nachhaltigen und sparsamen Neubaus liefern verschiedene Gebäudezertifizierungssysteme wie LEED, BREEAM und DGNB, um nur einige zu nennen. In den nächsten Monaten ist zu erwarten, dass bei der erfolgreichen Auditierung eines Gebäudes mit den geläufigen Zertifizierungssystemen auch die EU-Taxonomie-Verordnung eingehalten wird und nachweislich nachhaltige Gebäude entstehen. Die Zertifizierungssysteme berücksichtigen verstärkt weitere Umweltziele (vgl. Umweltziele c, e und f).

Für Bestandsgebäude gelten ähnliche Vorgaben hinsichtlich EU-Taxonomie-Konformität wie für Neubauten. Große Sanierungsmaßnahmen sollen beispielsweise den Primärenergiebedarf um 30 % senken im Gegensatz zum vorherigen Zustand, um einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz (Umweltziel a) beizutragen. Bei solch umfangreichen Sanierungsmaßnahmen sollten ebenfalls Werkzeuge aus dem Neubau genutzt werden, um ein optimiertes Ergebnis erreichen und nachweisen zu können.

Generell stehen Bestandsgebäude aber vor anderen Herausforderungen als Neubauten, daher ist die Methodik zur Optimierung eine andere als bei Neubauten. Vor der Definition möglicher Einsparpotenziale muss der Ist-Zustand in Form eines Energiechecks oder einer ESG Due Diligence aufgenommen und transparent gemacht werden. Hierbei werden Schwächen in der Hülle, der Anlagentechnik, der Nutzung, der Einstellungen oder während des Betriebs von Anlagen identifiziert, die mit gezielten investiven und organisatorischen Maßnahmen bereits erhebliche Einsparungen erreichen können.

Auf Basis dieser Daten ist für jedes Gebäude ein Fahrplan zur Erreichung der Klimaschutzziele zu definieren. Hierzu gehört die Erarbeitung gebäudespezifischer, langfristig ausgerichteter Maßnahmenpläne für Bestandhalter, in denen messbare Ziele und die erforderlichen Aktivitäten zur kurz- und langfristigen Reduzierung der Treibhausgasemissionen der Gebäude aufgeführt werden. Ebenso wird das Energiemonitoring als wichtiges digitales Tool betrachtet, welches zur Entwicklung von Maßnahmen oder zur Kontrolle von Maßnahmen nach dem Plan-Do-Check-Act Prinzip und der ISO 50001 funktioniert. Idealerweise gibt es ein automatisiertes Monitoring auf Nutzer-, (Miet-)Bereiche- und/oder Anlagenebene, um große Verbräuche frühestmöglich identifizieren und optimieren zu können.

Ziel der hier vorgestellten Methodiken ist es konkrete Maßnahmen ableiten und bewerten zu können, die im nächsten Schritt näher erläutert werden sollen.

## 2.2 Maßnahmen und Betrachtungen im Neubau und der Kernsanierung

Aus Sicht von TÜV SÜD müssen Gebäude, die heute gebaut werden, bereits dem Standard entsprechen, der für das Jahr 2045/2050 gefordert wird. Eine heute getätigte Investition in ein nachhaltiges Gebäude, das den Zielvorgaben für 2050 entspricht, wird hinsichtlich der Treib-

hausgasemissionen in den nächsten drei Jahrzehnten keine umfangreichen Anpassungen benötigen. Ebenso wenig ist zu erwarten, dass die Immobilie an Wert verliert, da sie transparent in den nächsten Jahrzehnten Taxonomie konform sein wird.



## 2.2.1 Maßnahmen zur Gebäudehülle

Die heutigen technischen Möglichkeiten, den Energiebedarf zu senken, sind leichter umzusetzen, als im vollen Umfang auf regenerative Energien umzustellen. Den Energiebedarf, Säule I., mit einer entsprechend effizienten Gebäudehülle zu verringern, sollte daher die höchste Priorität haben. Die Materialkosten für höhere Dämmdicken sind im Gegensatz zur generellen Installation nicht erheblich höher. Ziel sollte die Erreichung des Passivhausstandards sein, der 80 bis 90 % Einsparungen erreichen kann. Der Jahresheizwärmebedarf von 15 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) darf genauso wenig überschritten werden wie die Primärenergiekennzahl für Warmwasserbereitung, Lüftung und Haushaltsstrom von 95 kWh/(m<sup>2</sup>\*a). Diese hier erwähnten Zahlen gelten für Wohngebäude. Um dies zu erreichen, müssen die Wärmedurchgangskoeffizienten von opaken Außenbauteilen 0,15 W/(m<sup>2</sup>K) und Fenstern unter 0,8 W/(m<sup>2</sup>K) liegen. Um diese geringen Werte einhalten zu können, müssen mögliche Wärmebrücken, die die Wärmeleitung zwischen innen und außen verstärken, ausgeschlossen werden.

Neben den Wärmedurchgangskoeffizienten muss das Gebäude möglichst luftdicht sein, damit neben der Wärmeleitung durch Bauteile nicht der konvektive Wärmetransport den Heiz- oder Kühlbedarf steigert.

Eine Dämmung zur Erreichung des Passivhausstandards verringert auch den Stromverbrauch von Lüftungsanlagen, da diese nur noch die Frischluftzufuhr für eine hohe Raumluftqualität liefern müssen, anstatt hohe Wärme- und Kälte lasten zu decken. Damit greift der hohe energetische Standard direkt in die Energieeffizienz der Anlagentechnik ein. Die Anlagentechnik, insbesondere die Lüftungsanlage, sollte mit einer hohen Wärmerückgewinnung von 80 % oder mehr ausgestattet werden. Diese einfachen Maß-

nahmen sind weltweit gültig, müssen aber auf die entsprechende Klimazone angepasst werden.

Der beschriebene Passivhausstandard ist insbesondere im Wohnungsbau anzustreben und auch auf Gewerbeimmobilien zu übertragen. Sollte eine solche Gebäudehülle nicht möglich sein oder sollten hohe interne Lasten auftreten, wird eine höhere Heiz- und Kühlleistung notwendig. Diese können mittels weiterer Optimierungen an der Gebäudehülle verringert werden. Dazu zählen beispielsweise thermische Speichermassen, die Wärme/Kälte speichern und so kurzfristige Lastspitzen senken. Die thermische Speichermasse schützt ein Gebäude insbesondere im Sommer vor Überhitzung und reduziert so die erforderliche Kühlleistung. Neben den hohen Anforderungen an die Fenster sollte ein smarter außenliegender Sonnenschutz zusätzlich vor zu hoher Wärmelast im Sommer schützen und die passive Solarenergienutzung im Winter fördern. Dieser Sonnenschutz ist so auszuwählen, dass er bei hochstehender Sonne stark verschattet und bei tiefstehender Sonne im Winter die Wärmestrahlung durchlässt. Ebenso können Tageslicht-Leitsysteme genutzt werden, um die Sonnenstrahlen über die Decke in den Raum zu lenken und so den Einsatz von Kunstlicht zu verringern. Sobald der hierdurch entstehende Wärme eintrag größer als die Stromeinsparung ist, müssen die Jalousien gänzlich geschlossen werden. In Gebieten mit dauerhaft hohen solaren Einträgen sind auch Bauteilver schattungen zu überprüfen. Bei den Dämmmaterialien ist darauf zu achten, Polystyrol oder Verbundwerkstoffe zu vermeiden. Diese haben bereits ein höheres GWP als natürliche Produkte aus Cellulose (vgl. Umweltziel a), und sind in der Entsorgung schlecht zu trennen und weiterzuverarbeiten, weswegen die natürliche und recyclebare Variante vorzuziehen ist (vgl. Umweltziel d).

## 2.2.2 Maßnahmen zur Anlagentechnik

Zur Senkung des Energiebedarfes sind neben der Gebäudehülle insbesondere Energieeffizienzmaßnahmen innerhalb der Versorgungs- und Übertragungstechnik von Wärme, Kälte und Frischluft zu berücksichtigen. Dies betrifft die Säule II., die das Ziel verfolgt, fossile Energieträger in der Gebäudetechnik mit regenerativen Energien zu ersetzen.

Eine bereits heute etablierte Kombination aus Photovoltaik (PV)-Anlagen und Wärmepumpen kann erneuerbare Wärme/Kälte erzeugen. Dazu wird der im Sommer erzeugte Strom mittels PV-Anlagen genutzt, um Wärmepumpen zur Erzeugung von Kühl-/Heizenergie einzusetzen. Eine weitere standortspezifische Kombination mit einer Wärmepumpe ist die oberflächennahe Geothermie. Diese kann mittels Brunnen oder Erdwärmekollektoren die entsprechende Wärme/Kälte im Sommer oder Winter bringen. Bei der Nutzung von Geothermie ist darauf zu achten, dass die Jahresbilanz zwischen Entnahme und Einspeisung von Wärme ausgeglichen ist.

Am effizientesten funktionieren Wärmepumpen mit Niedertemperatur-Flächenübertragungssystemen wie Betonkernaktivierung, Kühl- und Heizdecken, Fußbodenheizung/-kühlung oder weiteren Strahlungssystemen, bei denen der Temperaturunterschied zwischen Kühl-/Heizmedium und Raumtemperatur deutlich geringer ist als bei strahlungs- und konvektivgeführten Systemen wie Heizkörpern. Die Flächensysteme sparen Energie, indem über die großen Übertragungsflächen niedrigere Temperaturniveaus im Medium benötigt werden, was auf der Erzeugerseite die Bereitstellung von Wärme/Kälte verringert. Weiter wird nicht die Umgebungsluft abgekühlt oder erwärmt, sondern Energie mittels Strahlung in den Raum emittiert bzw. absorbiert. Dadurch wird für den Nutzer im Raum ein behagliches Raumklima hergestellt. Eine Verringerung der Heiz- und Kühllastspitzen ist ebenfalls möglich, indem die thermischen Speichermassen bereits in der Nacht geheizt oder gekühlt und tagsüber zur Raumkühlung/-erwärmung genutzt werden. Bei erhöhtem Bedarf von Warmwasser ist der Einsatz von Solarthermie gegebenenfalls effizienter als die Installation von PV-Anlagen, da die PV-Anlagen einen Wirkungsgrad von ca. 15 % haben, während Solarthermieanlagen 50 % erreichen, beides bezogen auf die Primärenergie der Sonne. Solarthermie kann Wärmepumpensysteme unterstützen, um

das heißere Brauchwasser auf die geforderten Temperaturen zu erwärmen. Der Einsatz von Solarthermie ist abhängig von den Speichermöglichkeiten des warmen Wassers. Hierfür muss der Platz vorhanden sein und die Infrastruktur geschaffen werden.

Bei Lüftungsanlagen sollte die Wärmerückgewinnung ca. 70 bis 80 % betragen. Die geförderten Luftmengen sind im Idealfall auf die hygienisch gewünschte Menge an Frischluft zu begrenzen, da die Aufbereitung und der Transport großer Luftmengen ineffizient sind. Stattdessen sollten Sekundärkühlsysteme wie Umluftkühler oder Induktionsgeräte eingesetzt werden. Speziell in Gebieten mit hoher oder geringer Luftfeuchtigkeit können hohe Energiemengen zur Ent- bzw. Befeuchtung der Frischluft entstehen.

Die Kälteversorgung verbraucht derzeit ca. 15 % der gesamten deutschen Elektroendenergie – mit steigender Tendenz. Insbesondere die Anpassung der Gebäude an den Klimawandel (vgl. Umweltziel b) wird den Einsatz von Kältemaschinen erhöhen. Kältemaschinen sind oft für hochsommerliche Temperaturen ausgelegt und für winterliche Verhältnisse in der Regel deutlich überdimensioniert. Übliche Kälteerzeuger für Raumklimaanwendungen laufen etwa 1 % der Kühlsaison, welche ab 17 °C Außentemperatur beginnt, mit 100 % Last, wohingegen zu fast 75 % der Zeit der Lastfall unter 50 % liegt. Durch häufiges Ein- und Ausschalten verbrauchen sie mehr Energie als für die Kühlaufgabe eigentlich erforderlich ist. Daher sind insbesondere Kühllasten, die durch solare Einstrahlung entstehen, unbedingt mit einer entsprechenden Gebäudehülle zu verringern. Auch die inneren Lasten sind durch geeignete Maßnahmen zu minimieren, zum Beispiel durch den Einsatz von LED, einer Abluftanlage für Maschinenabwärme, der Nutzung von Speichermassen oder die Erhöhung der Raumtemperaturen in Serverräumen. Die übrigen Lasten sind über das gesamte Jahr zu erwarten, weswegen eine entsprechende Dimensionierung der Kälte für das ganze Jahr passend auszulegen ist. Bei Einsatz von Kompressionskältemaschinen, die die Kälte mittels elektrischer Energie erzeugen, sollten PV-Anlagen oder andere regenerative Stromquellen genutzt werden. Ansonsten sind Niedertemperatur-Absorptionskältemaschinen zu bevorzugen, die Wärmeenergie als Antrieb für den

Kältekreislauf nutzen, sofern eine dauerhafte oder ökologische Wärmequelle (Abwärme) zur Verfügung steht. Generell gilt der Ansatz, dass der Einsatz von Kältemaschinen lediglich zur Abdeckung derjenigen Lasten eingesetzt werden sollte, die nicht über die Möglichkeit der freien Kühlung abgeführt werden können.

Freie Kühlung kann indirekt für die Klimaanlage genutzt werden oder direkt das Gebäude herunterkühlen. Unter direkter Kühlung ist beispielsweise die Nachtkühlung durch Außenluft über Fenster-/Klappensteuerung zu verstehen, die analog zur Betonkernaktivierung die Speichermassen über Nacht herunterkühlen und dann über den Tag die entstehende Wärme aufnehmen. Der indirekte Einsatz erfolgt über Kühlregister, die im Verhältnis zur Raumtemperatur kältere Außenluft nutzen, um das Kühlmedium ohne Einschaltung des Verdichters zu kühlen. Hier können ebenfalls über Nacht das Gebäude und seine Bauteile gekühlt werden, die tagsüber Wärme aus den Räumen aufnehmen. So lassen sich Spitzenlasten für Kälteanlagen oder deren generelle Betriebsstundenzahl verringern. Weiter ist die Wahl des Kühlmittels zu beachten, dieses kann bereits einen hohen GWP haben (vgl. Umweltziel a) und umweltschädlich sein (vgl. Umweltziel e).

Die beschriebenen anlagentechnischen Maßnahmen bewirken eine Steigerung der Energieeffizienz, solange eine holistische Mess-, Steuer- und Regelungstechnik entwickelt wird. Die ausgelegte Regelungstechnik und die wichtigsten Parameter sind in einer Gebäudeleittechnik aufzuschalten, um im Hinblick auf die Minimierung des Energieverbrauchs im späteren Betrieb die messtechnischen Voraussetzungen zur Erfassung der energieökonomischen Kennwerte (Leistungen und Energiemengen) zu schaffen. Damit sind gleichzeitig periodisch aussagekräftige Informationen zu ermöglichen. In Kom-

bination mit der Verwendung von Prognosedaten wie z. B. Wetterberichten und definierten Nutzerprofilen kann die Anlage individuell auf Ereignisse reagieren und eine unnötige Energiezufuhr bestmöglich vermeiden.

Der Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) sowie Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungsanlagen (KWKK) kann bei entsprechenden Nutzeransprüchen eine hohe Energieeffizienz aufweisen. KWK-Anlagen erzeugen parallel Wärme und Strom, KWKK-Anlagen können Strom, Wärme und Kälte erzeugen. Zu den KWK-Anlagentechniken zählen Gas- und Dampfturbinen mit einem Generator, Verbrennungsmotoren mit einem Generator sowie Brennstoffzellen. Die im Gebäudesektor am häufigsten eingesetzte Anlage ist das Blockheizkraftwerk (BHKW). Es nutzt Gas zur Verbrennung und treibt einen Motor an, der mit Hilfe eines Generators Strom erzeugt. Die dabei entstehende Abwärme wird aufgefangen und genutzt. Stammt das Gas aus erneuerbaren Quellen wie Biogas oder grünem Wasserstoff, kann ein BHKW klimaneutral (vgl. Umweltziel a) betrieben werden. Ein BHKW arbeitet effizient, wenn es gleichzeitig Abnehmer für Wärme und Strom gibt. Dadurch werden die eingesetzten Ressourcen effizienter genutzt, als wenn sie einzeln erzeugt werden. Ein Teil der Wärmeabnahme kann mittels einer angegliederten Absorptionskältemaschine erfolgen, sodass gleichzeitig Wärme, Kälte und Strom (KWKK) erzeugt werden. Solche Anlagen können im kleinen Maßstab im Wohngebäude oder ganzen Quartieren, einem Campus bis hin zu Stadtteilen installiert werden. Wichtig ist eine passende Dimensionierung der Anlagen, um keinen Überschuss/Mangel der einen Energieform zu erzeugen. Daher erscheint der Einsatz von Strom und Wärme zur Erzeugung der Grundlast, was eine hohe Jahresauslastung und Betriebszeit impliziert, als sehr sinnvoll.

## 2.2.3 Maßnahmen Sektorenkopplung

Historisch sind die Energiesektoren Strom, Wärme/Kälte und Verkehr voneinander getrennt betrachtet worden. Zur Dekarbonisierung der Sektoren Wärme/Kälte und Verkehr gibt es derzeit keine technischen und wirtschaftlichen Lösungen. Die in Deutschland zur Verfügung stehende Primärenergie besteht überwiegend aus der solaren Einstrahlung und der Windkraft. Die Solarstrahlung kann mittels Solarthermie den Wärmesektor erneuerbarer gestalten. Die Umwandlung der Primärenergie in Strom hat den Vorteil, dass mit Strom alle anderen Sektoren versorgt werden können, weswegen derzeitiger Konsens darüber besteht, dass der Verkehrs- und Wärmesektor mittels Sektorenkopplung über Strom dekarbonisiert werden muss. Technologien hierfür sind die Elektrifizierung des Verkehrs sowie Power-to-X Lösungen. Unter Power-to-X wird die Umwandlung von Strom zu Gas, wie beispielsweise bei einer Elektrolyse von Wasser zu Wasserstoff oder die Umwandlung von Strom zu Wärme mittels Wärmepumpen verstanden. Die Primärenergie aus Sonne und Wind ist fluktuierend, daher müssen zur Versorgungssicherheit entsprechende Speichermöglichkeiten und zur Effizienzsteigerung ein smartes Netz aufgebaut werden, welches permanent das Angebot und die Nachfrage effizient verwaltet.

Für den Gebäudesektor muss das Bewusstsein reifen, dass jedes Objekt, im einfachsten Fall ein einzelnes Gebäude, mit Hilfe von smarten Netzen Wärme, Kälte und Strom als Verbraucher und Erzeuger aufnimmt oder einspeist. Somit muss das Gebäude als sektorenkoppelndes Element und als Teilnehmer im Energiemarkt wahrgenommen werden.

Ein Beispiel: Versorgt die PV-Anlage eines Gebäudes das eigene Auto mit Strom, wird der Sektor Strom mit dem Sektor Verkehr direkt über das Gebäude gekoppelt. Ist das eigene Auto tagsüber, wenn die Sonne strahlt, nicht am eigenen Gebäude sondern an ein anderes Gebäude angeschlossen, liefert die installierte PV-Anlage dennoch Strom zur Ladung des eigenen Autos über die smarten Netze. Natürlich können so auch andere Autos geladen werden. Die derzeitige Gesetzeslage fördert jedoch den Eigenverbrauch des erzeugten Stromes stärker. Andererseits kann der volle Akku eines Autos die Spitzenlastabdeckung im Gebäude unterstützen und so die Sektorenkopplung umdrehen.

Größere Bedeutung für den Gebäudesektor hat die Power-to-Heat Technologie, da der Wärmebedarf in den Bestandsgebäuden sehr hoch ist und der Fortschritt bei der Sanierung der Bestandsgebäude zur Verringerung des Bedarfes nur langsam verläuft. Bei Power-to-Heat Lösungen wird beispielsweise mit Hilfe von Großwärmepumpen Wärme/Kälte aus Strom erzeugt und in die Wärme-/Kältenetze eingespeist. Die Fernwärmenetze sind ein eigener Energiespeicher, zudem kann bei einem hohen Stromangebot Wärme in weiteren Wärmespeichern gespeichert werden. Ebenso benötigen die hier beschriebenen Niedertemperatur-Flächensysteme zur Übertragung der Wärme/Kälte in die Räume mit Hilfe von Wärmepumpen niedrigere Temperaturen als die derzeitigen Fernwärmenetze, sodass die Effizienz insgesamt gesteigert wird, wenn die Temperatur verringert wird. Die Einbindung der Industrie in den Wärmesektor muss ebenfalls verstärkt werden. Energieintensive Produktionen können Wärme in das Fernwärmenetz einspeisen und so den Gebäudesektor mit Wärme versorgen. Neuere Technologien, um aus einem hohen Wärmeangebot eine Rückverstromung durchzuführen, wie Lavasteinspeicher mit Dampfturbinen, sind derzeit im Pilotstatus und scheinen eine weitere Option in der Sektorenkopplung zu werden. Voraussetzung für eine erfolgreiche Sektorenkopplung sind massive Investitionen in die Netzinfrastruktur und den Ausbau der Erneuerbaren Energien aus PV und Windenergie. Ansonsten ist eine Dekarbonisierung des Gebäudesektors nicht möglich.

Generell wird der Umstieg in ein wasserstoffdominierendes Energiesystem derzeit stark diskutiert. Wasserstoff kann sehr flexibel gespeichert, rückverstromt oder in Wärme umgewandelt werden. Daher kann schnell auf individuelle Bedürfnisse in der Strom- und Wärmeversorgung reagiert werden, was Wasserstoff als den idealen Sektorenkoppler erscheinen lässt. Der Power-to-Gas/Liquid Prozess wird im Verkehrssektor stärker betrachtet als im Gebäudesektor, da dort weniger technische Alternativen zum klimaneutralen Betrieb von schweren Maschinen wie Lastkraftwagen, Flugzeugen und Transportschiffen vorhanden sind. Nichtsdestotrotz können Power-to-Gas-Prozesse auch im Gebäudesektor genutzt werden: Überschüssiger PV-Strom, der im Sommer auf dem Dach erzeugt wird, kann zur Elektrolyse genutzt

werden; hierbei wird Wasserstoff aus Wasser erzeugt und in Druckgasflaschen gespeichert. Bei der Nachfrage nach Strom im Gebäude (z. B. nach Sonnenuntergang oder im Winter) wird Wasserstoff mittels Brennstoffzelle mit einem Wirkungsgrad von ca. 60 % rückverstromt. Setzt man Brennstoffzellen über Kraft-Wärme-Kopplung ein, sind durch Nutzung der Abwärme von Elektrolyse und Brennstoffzelle für Heizzwecke Gesamt-Wirkungsgrade von 80 - 90 % erreichbar und gleichzeitig wird der Grad an Eigenstromnutzung im Gebäude erheblich gesteigert, was wirtschaftlich optimal ist.

Eine schnelle Verringerung des Einsatzes von fossilen Energieträgern ohne aufwendige Sanierungen oder der Installation von neuer Anlagentechnik kann in Deutschland durch die direkte Verbrennung von grünem Wasserstoff erfolgen. Große Teile der bestehenden Gasnetze

können derzeit ca. 10 bis 30 % Wasserstoff aufnehmen und zu den Endverbrauchern transportieren. Ungefähr 18 Millionen Haushalte werden mittels Gasthermen erwärmt. Diese können bereits heute einen Teil Wasserstoff mitverbrennen. Die Effizienz ist abhängig vom Alter der Anlagen, jedoch ist in vielen Fällen eine Nachrüstung möglich, die letztendlich 100 % Wasserstoffverbrennung in der Theorie ermöglicht. Grüner Wasserstoff wird in diesen Mengen nicht in Deutschland herzustellen sein, weswegen dieser importiert werden muss. Die Nachfrage nach Wasserstoff in anderen Sektoren ist derzeit noch zu unbeständig und zu gering, sodass große Elektrolyseanlagen aufgebaut werden. Mit der Einspeisung ins Gasnetz und anschließender Verbrennung würde eine beständige Nachfrage entstehen. Das wäre zudem ein erster Schritt bei der Dekarbonisierung des Wärmesektors unter Einsatz der bestehenden Infrastruktur und Anlagentechnik.



## 2.2.4 Sofortmaßnahmen

Um bis 2030 die Ziele im Gebäudesektor einzuhalten, müssen schnellstmöglich Maßnahmen im Bestandsbau umgesetzt werden. Viele bereits vorhandene Technologien können dazu einen Beitrag leisten. Als größere investive Maßnahmen sind die Gebäudedämmung sowie die Umstellung der fossilen Heizsysteme in Richtung regenerativer Wärmeerzeugung durch einen breiten Einsatz von Wärmepumpen zu bevorzugen und zu fördern. Jedoch sind diese Maßnahmen mit der derzeitigen Sanierungsrate nicht für den Gebäudebestand bis 2030 umsetzbar.

Dennoch gibt es einige Sofortmaßnahmen, um das Bestehende zu optimieren. Das zielt in erster Linie auf das Nutzerverhalten und das Bewusstsein für den eigenen Energieverbrauch ab. Das Einsparpotenzial durch bewusstes Nutzerverhalten liegt bei Bestandsgebäuden bei ca. 5 %, je nach Bereitschaft der Nutzer. In der Regel sind diese Maßnahmen mit keinen Investitionskosten verbunden. Nutzern sollten ihre Einflussmöglichkeiten konkret aufgezeigt und ein Interesse am Energiesparen geweckt werden. Ziel muss es sein, die Nutzer zur Achtsamkeit zu sensibilisieren, wie sie bereits mit einfachen Maßnahmen den Energieverbrauch signifikant senken können. Dazu zählt zum Beispiel stoßweises statt dauerhaftem Lüften, tageszeitabhängige Einstellung der Thermostatventile, Freihalten von Heizkörpern, sparsame Nutzung von elektrischen Geräten usw.

Der Einsatz von Smarthomes, die den Energieverbrauch tagesgenau aufzeichnen und die Laufzeiten einzelner Geräte und deren Verbrauch darstellen, helfen Nutzern zu verstehen, wie die Energie verbraucht wird.

Bevor ein komplettes Gebäude gedämmt wird, sollte geschaut werden, wo die thermische Bilanzgrenze der Gebäudehülle endet. Diese besteht zwischen beheizten und unbeheizten Bereichen in Gebäuden, was beispielsweise ein Keller oder ein Dachgeschoss sein können. An diesen Bilanzgrenzen sollte unbedingt eine thermische Trennung vorgenommen werden, da dies schnell zur Energieeinsparung führen kann.

Die ungenutzten Dachflächen sollten zur Erzeugung von Strom oder Wärme durch PV-Anlagen oder Solaranlagen genutzt und die dadurch entstandene Energie möglichst im selben Gebäude genutzt werden. Eine Einspeisung in das Stromnetz- oder Fernwärmenetz unterstützt sofort die Sektorenkopplung.

Die Übertragung der Raumwärme über Heizkörper ist der häufigste Fall. Zur Optimierung der Raumtemperierung sollten hydraulische Abgleiche, die vor 2014 nicht verpflichtend waren, durchgeführt werden. Der Effekt kann groß sein, jedoch ist dafür eine Heizlastberechnung sowie Rohrnetzberechnung notwendig, weswegen für die meisten Gebäude eine individuelle Betrachtung durchgeführt werden müsste.

Der Einsatz von elektrischen Thermostatventilen kann ebenfalls eine Reduzierung des Energieverbrauchs bewirken, indem die Thermostate einzelne Räume steuern und bei Abwesenheit des Nutzers die Temperatur leicht senken. Mit der Kopplung von Fenstersensoren wird der Energieverbrauch ohne Komfortverlust gesenkt.

Generell kann ein höherer Automatisierungsgrad im Gebäude die Verbräuche senken, dazu zählen Sensoren wie Bewegungs- und Anwesenheitsmelder, die beispielsweise nur Bereiche belüften, wenn dort Personen anwesend sind. Bewegungsmelder zur Steuerung des Lichtes in Nicht-Wohngebäuden sollten in allen Fluren und Treppenhäusern etc. eingesetzt werden.

Interne Wärmelasten sind zu minimieren. Diese treten meistens infolge von energieineffizienten Geräten auf, die höhere Abwärmen haben und gleichzeitig mehr Strom verbrauchen. Darunter fallen beispielsweise zu gering temperierte Serverräume.

Eine Anpassung der Betriebsweise der Anlagen durch Verringerung der notwendigen Anlagenlaufzeit oder Temperaturen spart sofort Ressourcen.

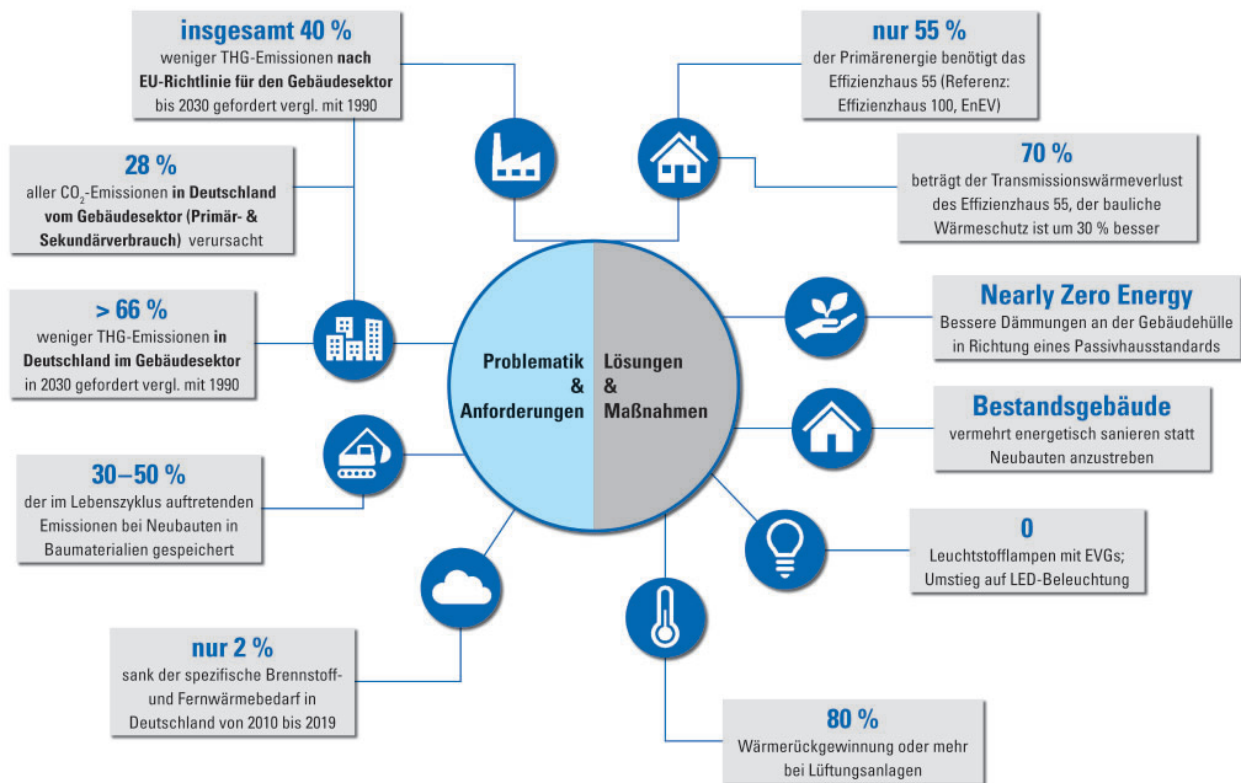
# 3 Zusammenfassung

Es ist festzustellen, dass es Herausforderungen für Gebäude im Bestand und im Neubau gibt. In beiden Fällen muss das Objekt energetisch optimiert werden. Im Fokus steht die Verringerung des Energiebedarfes sowie der Einsatz von regenerativen Energien. Flankiert wird dieses Vorgehen von der europäischen Gesetzgebung, die insbesondere das Umweltziel des Klimaschutzes priorisiert und die Finanzmarktteilnehmer auffordert, transparent darzulegen, ob es sich um ein grünes Investment/Produkt handelt oder nicht.

Beim Neubau sollten nur noch klimaneutrale Gebäude realisiert werden, was eine Investitionssicherheit und Werthaltigkeit über die nächsten Jahrzehnte sichert und das Klima schützt. Maßnahmen dafür sind in erster Linie eine sehr gute Wärmedämmung mit Passivhausstandard

sowie eigene Energieerzeugungssysteme und der Verzicht auf den Einsatz von fossilen Brennstoffen.

Für Bestandsgebäude sollte bei größeren Sanierungsmaßnahmen unbedingt die Gebäudehülle verbessert werden. Wirkungsvolle Einzelmaßnahmen sind die Dämmung innerhalb des Gebäudes gegenüber einem Keller oder einem Dachgeschoss. Ebenso gilt die Dekarbonisierung der Energieversorgung. Geringinvestive Maßnahmen sind in erster Linie eine Sensibilisierung der Nutzer und die Anpassung der Betriebsweise von Anlagen beispielsweise bezüglich der Temperaturen und Laufzeiten. Die Dekarbonisierung und die Klimaneutralität im gesamten Gebäudesektor sind nur mit dem massiven Ausbau des Fernwärmenetzes sowie dem Ausbau von Photovoltaik und Windenergie möglich.



Grafik: Zahlen, Daten, Fakten  
(Quelle: eigene Darstellung)

# Quellen

- <sup>(1)</sup> Bauen und Wohnen, [www.bundesregierung.de](http://www.bundesregierung.de)  
■ <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimafreundlich-wohnen-1672900>
- <sup>(2)</sup> Generationenvertrag für das Klima, [www.bundesregierung.de](http://www.bundesregierung.de)  
■ <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>
- <sup>(3)</sup> Abkommen von Paris, [www.bmwi.de](http://www.bmwi.de)  
■ <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-abkommen-von-paris.html>
- <sup>(4)</sup> Ein europäischer Grüner Deal, [www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu)  
■ [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_de](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de)
- <sup>(5)</sup> Langfristige Renovierungsstrategie für mehr Energieeffizienz, [www.bundesregierung.de](http://www.bundesregierung.de)  
■ <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/energiewende/energie-sparen/langfristige-renovierungsstrategie-fuer-mehr-energieeffizienz-388626>
- <sup>(6)</sup> Europäische Gebäuderichtlinie EPBD 2018, [www.enev-online.de](http://www.enev-online.de)  
■ [https://enev-online.de/epbd/2018/epbd\\_update\\_2018.06.19\\_deutscher\\_text.pdf](https://enev-online.de/epbd/2018/epbd_update_2018.06.19_deutscher_text.pdf)
- <sup>(7)</sup> CO<sub>2</sub>-Emission, [www.bundesregierung.de](http://www.bundesregierung.de)  
■ <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/energiewende/co2-kohlenstoffdioxid-oder-kohlendioxid-emission-614692>
- <sup>(8)</sup> Der Klimaschutzplan 2050 – Die deutsche Klimaschutzlangfriststrategie, [www.bmu.de](http://www.bmu.de)  
■ <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/nationale-klimapolitik/klimaschutzplan-2050/>
- <sup>(9)</sup> Energieeffizienzstrategie Gebäude, [www.bmwi.de](http://www.bmwi.de)  
■ [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-gebaeude.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=15](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-gebaeude.pdf?__blob=publicationFile&v=15)
- <sup>(10)</sup> Bauen und Wohnen, [www.bundesregierung.de](http://www.bundesregierung.de)  
■ <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimafreundliches-zuhause-1792146>
- <sup>(11)</sup> Energieeffizienzstrategie Gebäude, [www.bmwi.de](http://www.bmwi.de)  
■ [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-gebaeude.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=15](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-gebaeude.pdf?__blob=publicationFile&v=15)
- <sup>(12)</sup> Das neue Gebäudeenergiegesetz, [www.bmi.bund.de](http://www.bmi.bund.de)  
■ <https://www.bmi.bund.de/DE/themen/bauen-wohnen/bauen/energieeffizientes-bauen-sanieren/energieausweise/gebaeudeenergiegesetz-node.html>
- <sup>(13)</sup> Die KfW-Effizienzhaus-Stufen für einen Neubau, [www.kfw.de](http://www.kfw.de)  
■ <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Neubau/Das-Effizienzhaus/>
- <sup>(14)</sup> Bausteine für eine klimaneutrale Wärmeversorgung, [www.vdi.de](http://www.vdi.de)  
■ Publikation VDI: VDI-Thesen und Handlungsfelder Mai 2021, Bausteine für eine klimaneutrale Wärmeversorgung (nur für Mitglieder einsehbar)
- <sup>(15)</sup> Datenbasis zum Gebäudebestand, [www.bbsr.bund.de](http://www.bbsr.bund.de)  
■ [https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/analysen-kompakt/2016/ak-09-2016-dl.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/analysen-kompakt/2016/ak-09-2016-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2)  
Energieeffizienzstrategie 2050, [www.bmwi.de](http://www.bmwi.de)  
■ [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-2050.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=10](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-2050.pdf?__blob=publicationFile&v=10)
- <sup>(16)</sup> Was ist eigentlich ein "Passivhaus"?, [www.bmwi-energiewende.de](http://www.bmwi-energiewende.de)  
■ <https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2016/22/Meldung/direkt-erklaert.html>
- <sup>(17)</sup> Die Zukunft hat begonnen: In diesen neuen Stadtquartieren lebt es sich klimafreundlich, [www.bmwi-energiewende.de](http://www.bmwi-energiewende.de)  
■ <https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2018/04/Meldung/topthema.html>

Stand 22. Oktober 2021



# Autoren

Teamleiter, Technical Advisory Services | TÜV SÜD Advimo GmbH

**Marc-Andre Einert**

**Yannick Renaud**

Consultant, Technical Advisory Services | TÜV SÜD Advimo GmbH

**Dirk Mikus**

**Maren Paschant**

**Michael Usländer**

Head of e-Mobility | TUV SUD China Holding Ltd.

**Volker Blandow**



Advimo

# Sprechen Sie uns an.

[tuvsud.com/advimo](https://tuvsud.com/advimo)



TÜV SÜD Advimo GmbH  
Grillparzerstraße 12a  
81675 München  
Telefon +49 (0)89 4110968-50