

IM FOKUS

VOM PARASITENTUM ZUR SYMBIOSE – DAS SCHAFFEN WIR!



**DREES &
SOMMER**

Teile der Wissenschaft werfen uns Menschen parasitäres Verhalten vor, weil wir uns von der Erde als unserem Wirt ohne Rücksicht alles holen, was wir für unser Dasein zu brauchen glauben. Erdgeschichtlich ist die Spanne, in der ein lebenswertes menschliches Leben auf unserem Planeten möglich ist, sehr kurz. Für die kommenden Generationen unserer Spezies müssen wir alles daransetzen, diesen lebenswerten Zustand noch möglichst lange aufrechtzuerhalten.



Angefangen hat das parasitäre Verhalten spätestens in der Jungsteinzeit vor mehr als 5.000 Jahren mit der Brandrodung für neue Ackerflächen. Exzessiv wurde es mit dem Beginn der Industrialisierung, als die Menschen begannen, sich der Bodenschätze aller Art in wachsendem Maßstab zu bedienen. Um den Energiebedarf der immer größeren Maschinen und des motorisierten Verkehrs mittels Verbrennung zu befriedigen, holten wir zudem die fossilen Energien in der Reihenfolge Kohle, Erdöl und Erdgas mit allen denkbaren Methoden aus dem Erdinneren, aktuell nutzen wir dazu die perfide Methode des Frackings.

Unser Wirt Erde reagiert längst mit Fieber in Form der Erderwärmung durch die Zunahme von Kohlenstoffdioxid (CO₂) in der Atmosphäre und beginnt sich zu wehren. Die Auswirkungen zeigen sich in Form von Hitzeperioden, heftigen Unwettern, Überschwemmungen, Wassermangel usw. Und das kommt nicht unvermittelt. Doch genauso wenig ist es unumkehrbar. Wenn wir alle wollten, wäre es uns möglich, uns vom Parasiten zum Symbionten zu entwickeln und wieder mehr im Einklang mit der Natur zu leben.

Was ist zu tun?

Zum einen dürfen wir keinen Kohlenstoff mehr aus der Geosphäre, sprich: dem festen Erdkörper, entnehmen, sondern nur noch aus der Atmosphäre, der Biosphäre und vor allem der Technosphäre. Diese Technosphäre müssen wir zu dem technischen Kreislauf entwickeln, aus dem wir den Kohlenstoff immer wieder zurückgewinnen. Zum anderen müssen wir mehr CO₂ aus der Atmosphäre entziehen, als wir emittieren.

Der energetische Pfad (Seite 25) beschreibt die Dekarbonisierung der Energieerzeugung, indem wir statt fossiler Energie Solarenergie, Geothermie, Wind, Biomasse und Wasserstoff einsetzen. Das Ziel ist, menschengemachte CO₂-Emissionen stufenweise auf NULL zu reduzieren, um die derzeitige Konzentration in der Atmosphäre nicht weiter über den bisherigen besorgnis-

erregenden Rekordwert von mehr als 420 ppm (Parts per million) zu erhöhen. Der Weg dahin ist im Prinzip klar – wir müssen ihn aber auch gehen. Und zwar ohne weitere Verzögerungen.

Der stoffliche Pfad (Seite 29) beschreibt die Rekarbonisierung durch die Gewinnung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre, der Biosphäre und der Technosphäre anstatt aus der Geosphäre wie bisher. Durch Dekarbonisierung und Rekarbonisierung können wir wieder zu einem überwiegend natürlichen Kohlenstoffkreislauf zurückkehren (wie in Abbildung 2 dargestellt). Denn der Kreislauf der Ozeane und der Landmasse ist weitgehend im Gleichgewicht. Wenn es gelingen würde, die menschlichen Aktivitäten zur CO₂-Senke umzupolen, könnte das Gleichgewicht theoretisch wieder hergestellt werden.

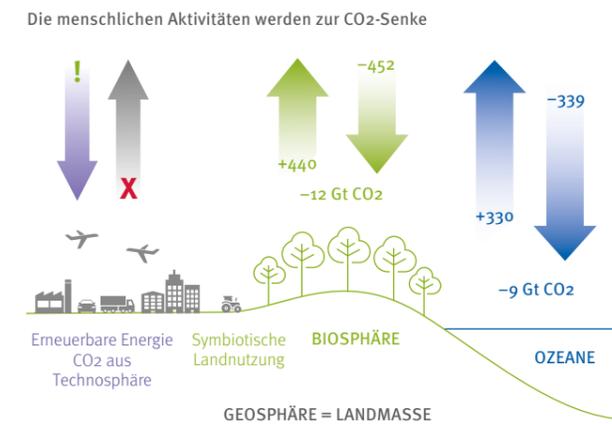


Abb. 2: Umkehr der menschengemachten CO₂-Emissionen zur CO₂-Senke bis 2050

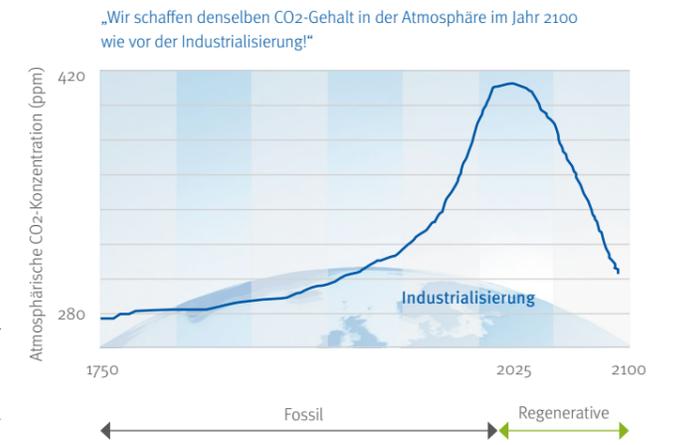


Abb. 3: Vision 2100 – eine Atmosphäre wie vor der Industrialisierung

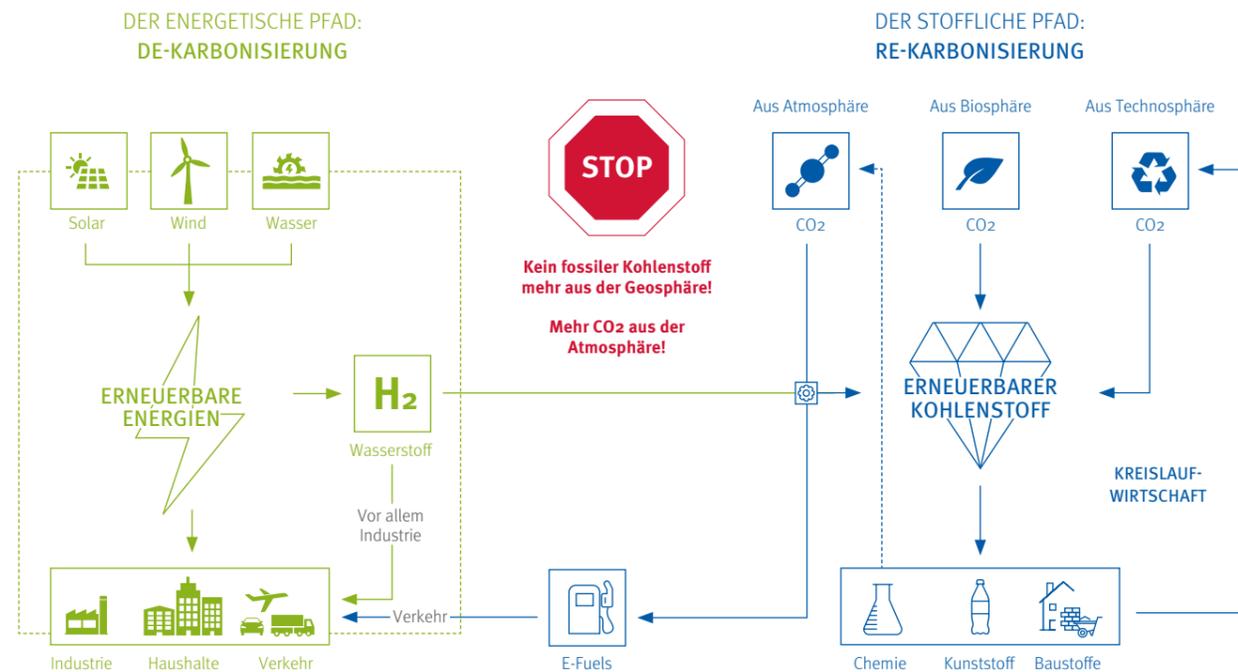


Abb. 1: Die zwei Pfade zur Bekämpfung der Klimaerwärmung

So könnte beispielsweise die Speicherung von Kohlenstoff in Produkten der chemischen und der Kunststoffindustrie sowie in weiteren Produkten wie beispielsweise in Baustoffen den CO₂-Gehalt in der Atmosphäre wieder verringern. In anderen Fällen, wie beispielsweise bei E-Fuels, wird zumindest kein zusätzliches CO₂ erzeugt.

Hinzu kommen weitere Gegenmaßnahmen zur Schaffung von Kohlenstoffsinken wie der Schutz und die Wiederaufforstung von Wäldern und Regenwäldern sowie die Aktivierung von Mooren. Naturnahe, wachsende Moore entziehen der Atmosphäre CO₂ und legen den Kohlenstoff dauerhaft im Torfkörper fest. Im Durchschnitt speichern Moore ca. 700 Tonnen Kohlenstoff je Hektar, das ist sechsmal mehr, als ein Hektar Wald speichern kann. Der bayerische Unternehmer Eduard Kastner will das Wüstenwachstum auf der Welt stoppen. In einem Projekt von gigantischen Ausmaßen, dem „Climate Correction Project“, möchte er das karge Land begrünen, indem entsalztes Meerwasser zur Bewässerung eingesetzt wird. Und auch wenn wir uns vegetarischer ernähren und die Viehwirtschaft verkleinern würden, hätte das ebenfalls einen erheblichen positiven Effekt.

Bei all diesen Aktivitäten geht es darum, unserer Umwelt in einer Art Symbiose wieder etwas zurückzugeben, statt sie weiter zu beschädigen. Damit befinden wir Menschen uns im Übergang von der fossilen zur regenerativen Industrialisierung.

Wenn wir die Dekarbonisierung, die Rekarbonisierung und weitere symbiotische Maßnahmen konsequent umsetzen, können wir bis zum Jahr 2100 wieder eine Atmosphäre wie vor der Industrialisierung schaffen und damit hoffentlich „unsere Welt“ für weitere Generationen erhalten. Für einen Wiederaufbau der bereits zerstörten Bereiche – abgeschmolzene Gletscher, ausgerottete Lebewesen etc. – ist es zu spät. Wir könnten jedoch weiteres Unheil verhindern.

Die aktuelle Situation beim Klimaschutz in Deutschland

Deutschland hat sein Klimaziel für das Jahr 2022 erreicht und weniger Treibhausgase ausgestoßen als im Jahr zuvor. Die Ergebnisse für die einzelnen Sektoren unterscheiden sich jedoch deutlich: Während die Industrie, die Landwirtschaft und der Sektor Abfall erkennbar im grünen Bereich liegen, liegen die Sektoren Gebäude und Verkehr klar im Soll.

Sektor Energie

Im Energiesektor brachte das Jahr 2022 zunächst einen starken Anstieg der Emissionen. Der Grund dafür ist ein vermehrter Einsatz vor allem von Stein- und Braunkohle zur Stromerzeugung. Insgesamt aber konnte der Energiesektor sein Emissionsziel für 2022 von 257 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent knapp einhalten.

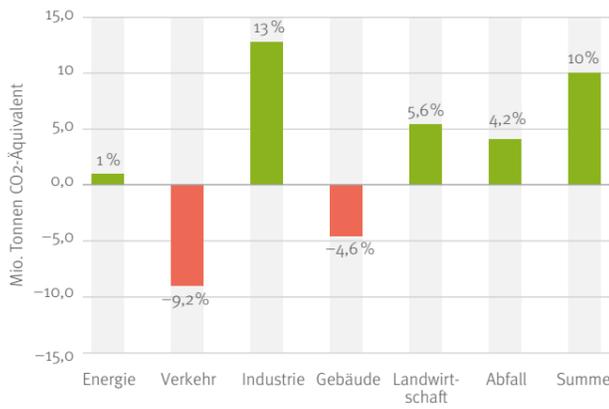


Abb. 4: Differenz Zieleinhaltung 2022 nach Sektoren

Der Anteil erneuerbarer Energien wächst weiter, jedoch zu langsam. Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien ist gegenüber 2021 um neun Prozent gestiegen und deckt nun 46,2 Prozent des deutschen Bruttostromverbrauchs bezogen auf den Stromsektor ab. Der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch, also dem gesamten Verbrauch an Strom, Wärme und Kraftstoffen, ist ebenfalls angestiegen, allerdings nur auf etwas mehr als 20 Prozent.

Die großen Herausforderungen sind neben dem massiven Ausbau der erneuerbaren Energien (vor allem der Wind- und Solarenergie), die Speicherkapazitäten zu erhöhen, den Netzausbau voranzutreiben und die Sektorkopplung zu stärken. Drees & Sommer arbeitet gemeinsam mit Partnern aktiv an Lösungen für diese Problematiken.

Sektor Verkehr

Der Verkehrssektor lag gemäß Umweltbundesamt 2022 über der festgelegten Jahresemissionsmenge von 148 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent – zulässig gewesen wären 138,8 Millionen Tonnen.

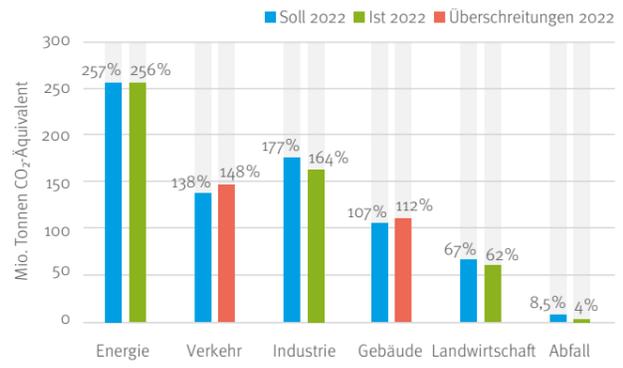


Abb. 5: Einhaltung Klimaziele 2022 nach Sektoren

Nachdem der Pkw-Verkehr im Jahr 2021 noch pandemiebedingt vergleichsweise niedrig gewesen war, hat er im vergangenen Jahr wieder zugenommen – und damit auch der Kraftstoffverbrauch. Der Tankrabatt minderte die hohen Preise. Und obwohl 2022 bei den Neuzulassungen von Elektroautos ein Rekordjahr war, reichte der Zuwachs nicht aus, um die Zunahme der Emissionen auszugleichen. Zwar stieg die Nutzung von erneuerbarem Strom im Verkehr um 16 Prozent deutlich an, gleichzeitig stagnierte jedoch der Absatz von Biokraftstoffen. Somit blieb der Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Endenergieverbrauch laut Umweltbundesamt mit 6,8 Prozent auf dem Niveau des Vorjahres.

Es ist beschlossene Sache, dass in der Zukunft bei der Pkw-Neuproduktion die Elektroantriebe die Normalität sein werden. Verbrennungsmotoren für die ausschließliche Nutzung von E-Fuels sind technisch möglich, wenn diese in entsprechenden Mengen und marktfähigen Preisen zur Verfügung stehen. Allerdings werden wir diese Produkte zunächst vorzugsweise in der Chemie und der Kunststoffproduktion sowie im Flug-, Schiffs- und Schwerlastverkehr benötigen.

Sektor Industrie

Im Industriesektor sanken die Emissionen 2022 deutlich um 19 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent oder 10,4 Prozent. Zulässig gewesen wären rund 177 Millionen Tonnen, es wurden aber nur 164 Millionen Tonnen ausgestoßen.

Der Krieg in der Ukraine und die mit ihm verbundenen gravierend gestiegenen Energiekosten haben stark gesunkene Energieeinsätze bewirkt. Das betraf vor allem die Metall verarbeitende und die chemische Industrie, die (mit Ausnahme von Steinkohle) deutlich weniger fossile Energieträger einsetzen. Auch die Produktionszahlen sind vereinzelt rückläufig, insbesondere bei den energieintensiven Industrien. Die Rede ist bereits von einer teilweisen De-Industrialisierung.

Der Pfad der Erzeugung von strombasierten Kraftstoffen wie Wasserstoff, Methan oder Methanol (Power to X) in sonnen- und/oder windreichen globalen Gegenden bietet eine große ökonomische Chance für Deutschland. Derzeit sind deutsche Unternehmen bei vielen Schlüsseltechnologien für solche synthetische Kraftstoffe führend. Das betrifft beispielsweise die Elektrolyse, die Katalysatoren für die Syntheseprozesse und den komplexen Chemieanlagenbau selbst.

Drees & Sommer befasst sich in diesem Sektor vor allem mit Prozessverbesserungen, dem Einsatz von Wasserstoff und der Sektorkopplung.

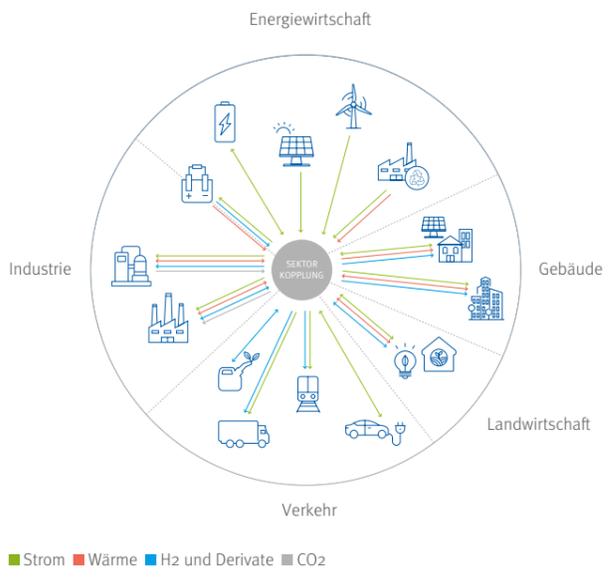


Abb. 6: Sektorkopplung für ein integriertes Gesamtsystem

Sektor Gebäude

Der Gebäudesektor reduzierte seine Emissionen im Vergleich zu 2021 zwar um sechs Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent, dennoch überschritt er die Zielgröße für 2022. Sie lag bei 107,4 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent, ausgestoßen wurden 112 Millionen Tonnen. Hinzu kommt: Der Grund für die Verminderung gegenüber 2021 waren keine energiesparenden Maßnahmen, sondern vor allem die gestiegenen Energiepreise und das milde Wetter, die bewirkten, dass die Menschen beim Heizen und beim Warmwasserverbrauch sparten. Gestiegen sind vor allem die Absätze von leichtem Heizöl um ca. neun Prozent, um die Lagerbestände nach den geringen Heizölkäufen 2021 wieder aufzufüllen.

Der Sektor Gebäude steht vor großen Herausforderungen. Deutschlands Heizungsanlagen sind im Schnitt 17 Jahre alt. In 40 Prozent der Wohnungen sind die Heizungen 20 Jahre alt und älter und sollten ausgetauscht werden. Der Modernisierungsbedarf im Wärmemarkt ist riesig, die potenziellen Chancen wären es auch. Der Austausch solcher Heizungsanlagen würde für eine deutliche Reduzierung der CO₂-Emissionen sorgen. Auch beim Gebäudebau fällt eine große Menge von CO₂-Äquivalenten an, die wir mit betrachten müssen. Die aktuellen und zukünftigen Möglichkeiten sowie die Ansätze von Drees & Sommer stellen wir nachstehend in einem gesonderten Kapitel vor.

Sektoren Landwirtschaft und Abfall

Die Sektoren Landwirtschaft und Abfall bleiben beide deutlich unter den festgelegten Jahresemissionsmengen. Für die Landwirtschaft schlagen statt 67,6 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent 62 Millionen Tonnen zu Buche. Dafür verantwortlich war vor allem ein weiterer Rückgang der Schweinezucht. Außerdem setzte die Landwirtschaft wegen kriegsbedingt gestiegener Kosten weniger Mineraldünger ein.

Die Emissionen im Bereich Abfall bleiben mit 4,3 Millionen Tonnen ebenfalls weit unter der festgelegten Menge von 8,5 Millionen Tonnen. Wesentliche Ursache: das Verbot der Deponierung organischer Abfälle.

Wirtschaftliche Wege zur CO₂-Vermeidung im Sektor Gebäude

Der Bau- und Gebäudesektor zählt mit derzeit 38 Prozent des weltweiten CO₂-Ausstoßes zu den größten Klimasündern. Der Wert beinhaltet zum einen den Gebäudebetrieb, also den CO₂-Ausstoß für den Energieverbrauch in Form von Erdgas, Heizöl oder Strom für Heizung, Warmwasseraufbereitung und Klimaanlage. Zum anderen berücksichtigt er den CO₂-Ausstoß beim Bauen inklusive des Energieverbrauchs bei der Herstellung von Baustoffen und der prozessbedingten Entstehung von CO₂ wie bei der Zementherstellung durch das Verbrennen von Kalkstein.

Bei Drees & Sommer haben wir schon in den 1980er-Jahren begonnen, uns damit zu beschäftigen, wie sich der CO₂-Ausstoß reduzieren lässt. Zunächst zielten wir darauf ab, weniger Energie im Gebäudebetrieb zu verschwenden, seit dem Jahr 2000 verzichten wir bei Gebäuden zur Eigennutzung auf den Einsatz fossiler Brennstoffe. Doch um wirklich einen Effekt zu erzielen, müssen wir den kompletten Lebenszyklus berücksichtigen, d. h. unter anderem auch die Produktion von Baustoffen bilanzieren – und das Ganze zudem wirtschaftlich gestalten. Denn entsprechend dem „blue way“ von Drees & Sommer führt letztlich nur die Symbiose von Ökologie und Ökonomie zum Erfolg.

- › **Verglasung:** oft nur Einfach- oder überholtes Isolierglas
- › **Fassadenprofile:** oft nicht thermisch getrennt
- › **Wärmedämmung:** oft nicht (mehr) vorhanden oder zu gering
- › **Sonnenschutz:** nicht elektromotorisch zentral gesteuert
- › **Andichtfolien, Dichtungsprofile** gerissen oder aufgelöst
- › **Kondensatbildung:** mit starkem Kaltluftabfall
- › **Schadstoffbelastung:** oft auch innerhalb der Fassade
- › **Raumlufttechnik:** kein zeitgemäßer Komfort, ineffektiv
- › **Elektroinstallation:** meist überaltert und schwer nachrüstbar

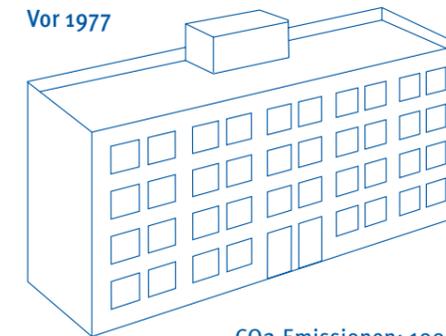
Die jüngsten Beschlüsse der Bundesregierung sind die Antwort darauf, dass Deutschland in puncto CO₂-Vermeidung im Gebäudesektor großen Nachholbedarf hat. Bei der energetischen Sanierung kommt dem Zusammenspiel von Gebäudehülle, Gebäudetechnik und Bauphysik eine Schlüsselrolle zu. Das Dreigespann beeinflusst vor allem den Raumkomfort und den Energieaufwand für Heizung und Kühlung.

Zwar gibt es – wie später dargestellt – durchaus Lösungen für eine nachhaltige Wärmeerzeugung, die aber in der Regel generell mit einer relativ aufwendigen bautechnischen Aufrüstung der Gebäude verbunden ist. Das hängt natürlich im Wesentlichen mit dem Zustand des Gebäudes zusammen. Und Bestandsgebäude älterer Bauart weisen oft typische Mängel auf, an die man zunächst nicht unbedingt denkt.

Wärmeerzeuger, die auf Niedertemperatur-Heizungen ausgelegt sind, erfordern meist Veränderungen an mehreren Fronten: Eine Verbesserung der Gebäudedämmung an Dach und Fassade und eine Transformation der Wärmeabgabe im Gebäude sind meist unumgänglich. Letzteres bedeutet in der Regel den Austausch aller Heizkörper. Das allein wird schon teuer genug – und wer dann noch auf einige der oben genannten Mängel stößt, ist nicht mehr weit von einer Kernsanierung entfernt.

Die Kosten von Investitionen für Optimierungen im Bestand (wie wir sie der Einfachheit halber nennen wollen) mit dem Ziel einer nachhaltigen und CO₂-freien Wärmeerzeugung müssen für die Eigentümer bezahlbar sein. Das funktioniert sicherlich nicht allein über Fördergelder. Vor jeder Modernisierung sollte eine umfangreiche Beratung mit langfristiger Perspektive stattfinden – nicht nur wegen baulicher Themen, sondern auch wegen möglicher Veränderungen der Nutzung und im Hinblick auf den sinnvollsten Projektablauf. Je nach Umfang der Maßnahmen werden Immobilienbesitzer möglicherweise nicht um Entmietungen herumkommen, es sei denn, ein intelligent konzipierter Ablauf verhindert es. Das setzt voraus, vor jeder Entscheidung alle Aufgaben und Konsequenzen in Bezug auf die zukünftige Nutzung, die Wirtschaftlichkeit und die Machbarkeit sehr differenziert zu betrachten.

Die folgenden Grafiken zeigen die Unterschiede bei den Aufgaben für Bestandsgebäude aus den Jahren vor 1977 (1. Wärmeschutzverordnung) und bei heute (2022) bzw. zukünftig (2035) möglichen Gebäuden.

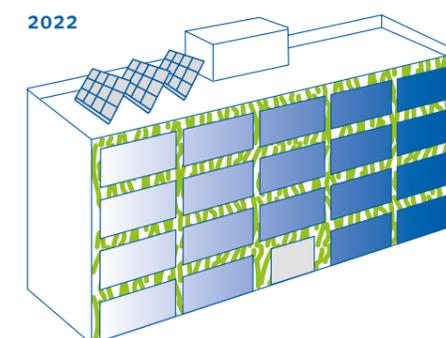


CO₂-Emissionen: 100 %

BÜRO NEUBAU VOR 1977 (1. WSCHVO)
(5.000 m² BGF, 15.000 m³ BRI,
Nutzungsdauer 50 Jahre)

Konstruktion

- › Massivbau
- › Schwach/ungedämmt
- › Einfache Fassade
- › Geringer Technologie-Standard
- › Baustoffe CO₂-ineffizient



CO₂-Emissionen: 25 %

BÜRO NEUBAU 2022
(5.000 m² BGF, 15.000 m³ BRI,
Nutzungsdauer 50 Jahre)

Konstruktion

- › Massivbau
- › Hoher Dämmstandard
- › Hochgedämmte Fassade
- › Hoher Technologie-Standard
- › Baustoffe CO₂-effizienter

Cradle to Cradle® – Eigenschaften

- › Herkunft: Primärmaterial aus der Geosphäre: 98 %
- › Nutzbar in Zukunft:
hochwertiges RC Techno-/Biosphäre: 20 %

Energieversorgung/Gebäudetechnik

- › Ölheizung
- › Netzstrom
- › Keine Energieeffizienz

Ökobilanz (CO₂ pro Jahr)

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| › Erstellung Gebäude | 55 t CO ₂ /a |
| › Gebäudeenergiebedarf | 352 t CO ₂ /a |
| › Nutzerstrom | 124 t CO ₂ /a |
| › Eigenenergieerzeugung | 0 t CO ₂ /a |

Summe CO₂-Emissionen 532 t CO₂/a

Cradle to Cradle® – Eigenschaften

- › Herkunft: Primärmaterial aus der Geosphäre: 95 %
- › Nutzbar in Zukunft:
hochwertiges RC Techno-/Biosphäre: 30 %

Energieversorgung/Gebäudetechnik

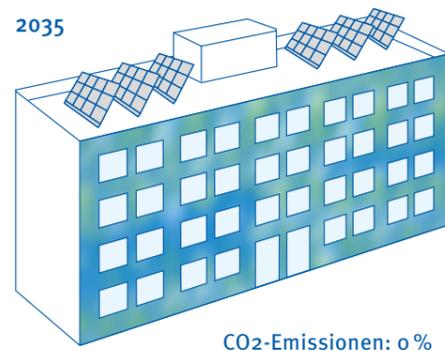
- › Geothermie, Wärmepumpe (oder vergleichbar)
- › Photovoltaik 150 m²
- › Netzstrom
- › Hohe Energieeffizienz

Ökobilanz (CO₂ pro Jahr)

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| › Erstellung Gebäude | 41 t CO ₂ /a |
| › Gebäudeenergiebedarf | 124 t CO ₂ /a |
| › Nutzerstrom | 59 t CO ₂ /a |
| › Eigenenergieerzeugung | -88 t CO ₂ /a |

Summe CO₂-Emissionen 135 t CO₂/a

Der energetische Pfad – Dekarbonisierung durch Energieeinsparung beim Gebäudebetrieb



BÜRO NEUBAU 2035

(5.000 m² BGF, 15.000 m³ BRI, Nutzungsdauer 50 Jahre)

Konstruktion

- > Modulare Bauelemente
- > Hoher Dämmstandard
- > Transluzente Fassade, witterungsaktiv
- > Sehr hoher Technologie-Standard
- > Baustoffe teilweise CO2-Senke

Cradle to Cradle® – Eigenschaften

- > Herkunft: Primärmaterial aus der Geosphäre: 50 %
- > Nutzbar in Zukunft: hochwertiges RC Techno-/Biosphäre: 75 %

Energieversorgung/Gebäudetechnik

- > Geothermie, Wärmepumpe (oder vergleichbar)
- > Photovoltaik 250 m² mit Speicher
- > Netzstrom
- > Höchste Energieeffizienz

Ökobilanz (CO2 pro Jahr)

> Erstellung Gebäude	14 t CO2/a
> Gebäudeenergiebedarf	69 t CO2/a
> Nutzerstrom	37 t CO2/a
> Eigenenergieerzeugung	-120 t CO2/a

Summe CO2-Emissionen **0 t CO2/a**

Bei den Gebäuden vor 1977 war das Thema Cradle to Cradle® (C2C, siehe Seite 32) oder echte Kreislaufwirtschaft noch unbekannt. Das Primärmaterial für den Bau stammte zu 98 Prozent aus der Geosphäre. Nach einem Abriss nutzbar sind ca. 20 Prozent. Die Summe der CO2-Emissionen liegt bei 523 t/a (definiert als 100 Prozent), davon entfallen 477 t/a auf Gebäudeenergie und Nutzerstrom. Diese Emissionen in Richtung null zu bringen und diesen Aufwand wirtschaftlich zu gestalten, erfordert eine optimale Analyse, Planung und Umsetzung.

Bei einem aktuellen Neubau ist es möglich, sowohl Gebäude als auch Technologie zu definieren und umzusetzen. Allerdings steckt die echte Kreislaufwirtschaft in Form von Cradle to Cradle noch in den Kinderschuhen, so dass C2C-unterstützende Baustoffe und Bauelemente noch nicht einfach zu bekommen sind. Deshalb stammen immer noch 95 Prozent des Primärmaterials aus der Geosphäre. Nach einem Abriss nutzbar sind ca. 30 Prozent der Materialien.

Dank dem optimierten Zusammenspiel von Gebäudehülle, Gebäudetechnik und Bauphysik sieht es bei der Energieversorgung deutlich besser aus. Das Gebäude im Beispiel verfügt über eine Wärmepumpe mit Geothermie und nutzt Photovoltaik. Zusätzliche Digitalisierungsmaßnahmen tragen dazu bei, die Summe aus Gebäudeenergie und Nutzerstrom so weit zu reduzieren, dass die Energieerzeugung für die Gebäudetechnik

nur noch CO2-Emissionen von 94 t/a verursachen, das entspricht etwa einem Viertel des Neubaus von 1977.

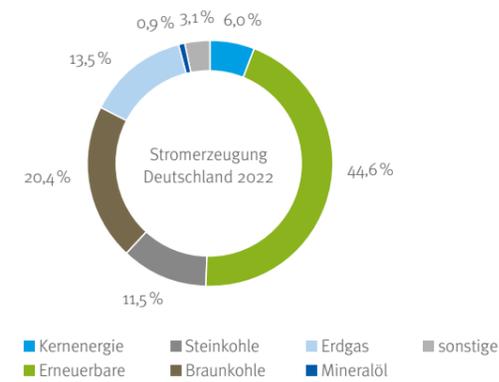
In zwölf Jahren wird der Einfluss von C2C zugenommen haben. Ebenso positiv werden sich Zukunftstechnologien wie intelligente Fassaden auswirken. Solche komplett digital gesteuerten Fassaden werden ihr bauphysikalisches Verhalten in Abhängigkeit von den Witterungseinflüssen verändern und vermutlich zusätzlich zur Unterstützung der Stromproduktion integrierte Solarzellen enthalten.

Das Primärmaterial für das Gebäude wird 2035 nur noch rund zur Hälfte aus der Geosphäre stammen. Ca. 75 Prozent aller verwendeten Materialien werden sich nach einem Abbruch wiederverwenden oder gleichwertig recyceln lassen. Die CO2-Emissionen durch den reinen Bau werden nur noch ein Drittel dessen betragen, was 1977 anfiel. Die Summe aller CO2-Emissionen wird bei null liegen. Weitere Maßnahmen wie etwa über den Eigenbedarf hinausgehende Photovoltaik werden das Gebäude zu einer CO2-Senke machen.

Wer den CO2-Ausstoß über den gesamten Lebenszyklus hinweg senken will, muss den Energieverbrauch während der Nutzung senken und die Bauweise samt den verwendeten Materialien in Zukunft an eine echte Kreislaufwirtschaft anpassen.

Zur Reduktion des CO2-Ausstoßes im Gebäudebetrieb bleibt nur der stufenweise Umstieg von fossilen Energieträgern auf erneuerbare Energieträger.

Stromerzeugung Deutschland 2022



Verteilung der erneuerbaren Energien 2022

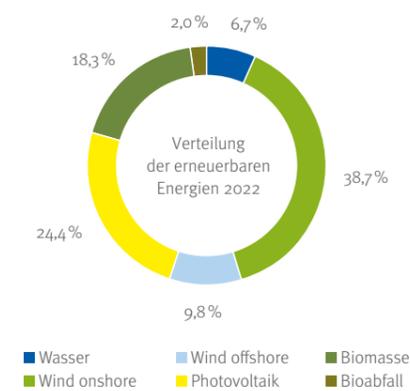


Abb. 7: Stromerzeugung Deutschland 2022 und der Anteil erneuerbarer Energie

Allerdings sind Stand jetzt erst ca. 45 Prozent der Stromerzeugung durch erneuerbare Energien abgedeckt. Deshalb ist heute noch jede strombasierte Anwendung – unabhängig von gesetzlichen Definitionen – durch den aktuellen Strommix im Durchschnitt zu mehr als 50 Prozent mit CO2-Emissionen aus fossiler Energie belastet. Das gilt für Elektroautos ebenso wie für Wärmepumpen und den allgemeinen Stromverbrauch in Gebäuden. Erneuerbare Energie soll zukünftig aber nicht nur den seitherigen Strombedarf abdecken, sondern einen großen Teil des gesamt-

Primärenergieverbrauch Deutschland 2022

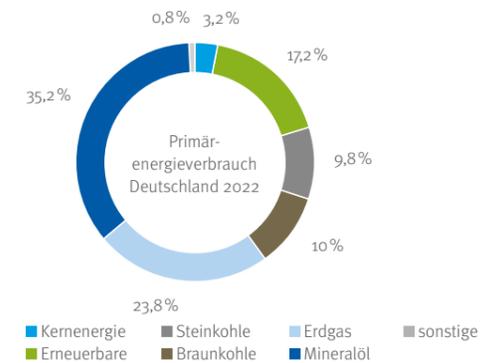


Abb. 8: Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch Deutschland 2022

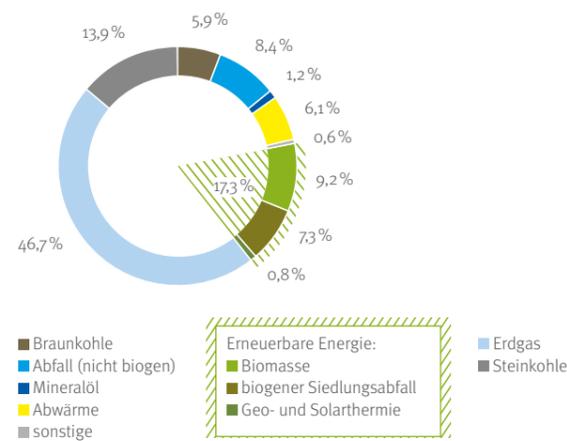
ten Primärenergiebedarfs. Das gelingt bis dato nur bis zu einem Anteil von 17,2 Prozent ab. Im Klartext: Die erneuerbaren Energien müssten um das Sechsfache ausgebaut werden, wenn wir nicht stattdessen erheblich Energie einsparen.

Ein sehr großer Anteil beim Einsatz von fossilen Energieträgern entfällt – besonders im Bereich Wohnen – auf den Wärmeverbrauch, im Wesentlichen auf die Heizung. Am größten sind die Emissionen beim Einsatz von Heizöl, gefolgt von Flüssiggas und Erdgas. Deshalb will die Bundesregierung die Wärmeerzeugung sowohl bei Neubauten als auch bei Altbauten möglichst schnell auf andere Energieträger umgestellt sehen.

Bei gut gedämmten Neubauten ist das okay und wird in der Regel sowieso gemacht. Bei den Altbauten wäre es aber viel wichtiger, in einem ersten Schritt (z. B. über fünf Jahre) zunächst die Senkung des Energiebedarfs der Gebäude durch klare Empfehlungen und ein starkes Förderungsprogramm zu beschleunigen. Dabei könnten auch Vorkehrungen für eine Niedertemperatur-Heizung getroffen werden. Die Umstellung von Bestandswohngebäuden auf Energieträger mit geringem CO2-Ausstoß sollte in Abstimmung mit der Entwicklung einer grünen Stromversorgung im zweiten Schritt erfolgen. Es wäre fatal, wenn die Bevölkerung gezwungen würde, Wärmepumpen anzuschaffen, die sie dann überwiegend mit fossilem Strom (vor allem Kohle) betreiben muss.

Ausbau der Fernwärme für ganze Quartiere

Als flächendeckende Lösung wird durch die Kommunen ein massiver Ausbau der Fernwärme angestrebt, was sicherlich ein effizienter Ansatz ist. Fernwärmenetze können sehr flexibel eine Vielzahl unterschiedlicher Wärmequellen nutzen, sowohl zentrale als auch dezentrale. Die Crux: Momentan ist Fernwärme gar nicht so nachhaltig, wie viele denken. Üblicherweise erfolgt die Erzeugung von Fernwärme in großen Kraftwerken mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), kleineren Blockheizkraftwerken, in Müllverbrennungsanlagen oder Fernheizwerken – mit Kohle, Erdgas, Biogas, Öl, Holz und Holzprodukten, Solarthermie sowie Müll (biogener genauso wie nicht biogener) in verschiedenen Zusammensetzungen und Aufbereitungsformen als Brennstoff.



* der Wärmeversorger sowie Einspeisungen von Industrie und sonstigen
** vorläufig

Abb. 9: Durchschnittlicher Energie-Mix für Fernwärme in Deutschland 2022

Der Löwenanteil an Energie für die Fernwärme stammt derzeit noch aus fossilen Energien, vor allem Erdgas und Kohle. Lediglich ca. 18 Prozent kommen aus erneuerbaren Energien, überwiegend aus Biomasse und biogenem Abfall, unter 1 Prozent aus Geo- und Solarthermie. Zumindest die Geothermie besitzt sicherlich noch ein deutliches Ausbaupotenzial. Ein weiterer Pfad zur Verbesserung der Nachhaltigkeit resultiert aus der Sektorkopplung, durch Integration von Abwärme aus der Industrie in die Fernwärmenetze.

Der Transport von Fernwärme wird ab einer gewissen Rohrleitungslänge deutlich ineffizienter, weswegen die Verbraucher meist im Umkreis von bis zu zehn (maximal 20) Kilometern Entfernung vom Kraftwerk angesiedelt sind. Bei noch kleineren Entfernun-

gen spricht man von Nahwärme. Wer Fernwärme bezieht, hat einige Vorteile wie Platzersparnis, kein Brennstoffbezug, keine Wartungskosten und eine einfache Bedienung. Außerdem ist keine Gebäuderenovierung erforderlich, wenngleich natürlich dennoch sinnvoll. Nachteilig sind je nach Region meist relativ hohe Kosten, wobei man an einen bestimmten Anbieter gebunden ist. Oft besteht auch ein Anschlusszwang.

Insgesamt ist Fernwärme dennoch vor allem durch die Möglichkeit der Sektorkopplung ein sinnvoller Weg zur CO₂-Reduzierung von ganzen Stadtquartieren. Die Effizienz der Anlagen steigt zudem laufend. Lediglich für eher dünn besiedelte Gebiete wird Fernwärme in absehbarer Zeit nicht angeboten. Deshalb bleibt dort nur eine eigene Anlage als Option oder kleine Nahwärmenetze (z. B. Bioenergiedörfer).

Heizen mit Wärmepumpen

Zuletzt ist um den Einsatz von strombetriebenen Wärmepumpen ein Hype entstanden. Bei den aktuellen Bemessungsgrundlagen (-10 bis -15 °C) sind sie aber nur wirtschaftlich, wenn sie als Niedertemperaturheizung zu betreiben sind. Das ist beim Neubau generell machbar. Schwierig ist es bei Gebäuden, die vor Einführung von KfW55 entstanden, und solchen, die über normale Heizkörper beheizt werden. In diesen Fällen sind zunächst eine Sanierung und eine energetische Verbesserung erforderlich – verbunden mit einem Austausch der Heizkörper und einem hydraulischen Abgleich.

Allerdings hat sich unser Klima ja bereits messbar verändert. Die Temperatur ist in den vergangenen Wintern nur an wenigen Stunden unter 0 °C gefallen. Wenn sich das fortsetzt – und danach sieht es aus –, könnte man in vielen Fällen möglicherweise auf aufwendige Dämmungen verzichten und nur einen Teil der alten Heizkörper durch neue und effektivere ersetzen.

Als mögliche Alternative können vor allem auch bei alten Gebäuden – wenn eine Umrüstung nicht möglich bzw. sinnvoll ist – höhere Temperaturen mit sogenannten Hochtemperatur-Wärmepumpen bereitgestellt werden, die allerdings einen deutlich höheren Stromverbrauch haben. Auf dem Markt sind auch Hybridlösungen, bei denen ein Gaskessel z. B. nur in den wenigen Stunden im Jahr mit Temperaturen von -5 °C und weniger anspringt. Das ist natürlich wirtschaftlicher, erst recht, wenn der Gaskessel sowieso schon vorhanden ist.

Ein genereller Ablauf für eine wärmepumpengerechte Sanierung bei den aktuellen Temperaturvorgaben könnte wie folgt aussehen:

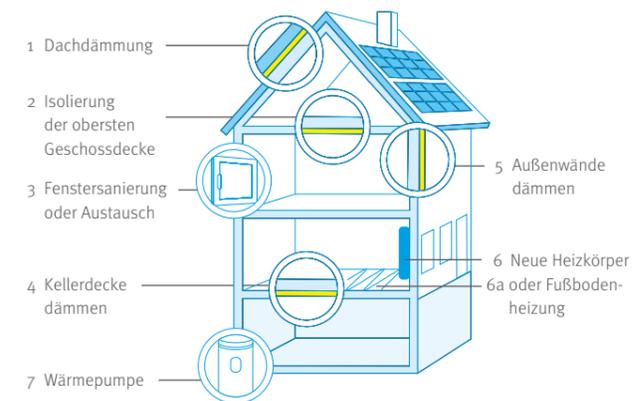


Abb. 10: Reihenfolge der Vorgehensweise bei einer energetischen Sanierung

Ist das Gebäude für eine Niedertemperaturheizung gerüstet (WP ready), gibt es verschiedene Möglichkeiten.

Luft-Wasser-Wärmepumpe

Wie die Wärmepumpe mit Luft Energie erzeugt, lässt sich vereinfacht am Beispiel eines Kühlschranks nachvollziehen. Während der Kühlschrank die warme Luft nach außen leitet, bringt die Luft-Wasser-Wärmepumpe die Wärme aus der Umgebungsluft in den Raum. Konkret saugt ein Ventilator aktiv die Umgebungsluft an und überträgt sie auf einen in der Wärmepumpe eingebauten Luft-Wärmetauscher (Verdampfer). In ihm zirkuliert ein Kältemittel, das bereits bei niedriger Temperatur seinen Aggregatzustand ändert und verdampft. Ein Verdichter komprimiert diesen Kältemitteldampf, um ihn auf ein für Heizung und Warmwasserbereitung nutzbares Niveau anzuheben.

Eine mit dem aktuellen Strommix betriebene Luft-Wasser-Wärmepumpe schneidet bezüglich der CO₂-Emissionen in Summe nur ca. 30 Prozent besser ab als eine Erdgasheizung.

Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Photovoltaik (PV)

Wärmepumpen mit PV-Anlage und Stromspeicher sind eine effektive und nachhaltige Kombination. Mit dem Strom, den die Photovoltaikanlage produziert, kann die Wärmepumpe direkt

Heizenergie bereitstellen. Dadurch sinken die Betriebskosten spürbar und die gesamte Anlage arbeitet umweltfreundlicher. Der Staat fördert die Anschaffung von Wärmepumpen und Photovoltaikanlagen, einzeln und als Hybridheizung.

Wärmepumpe mit Geothermie

Die Erde ist ein großer Wärmespeicher und gleichzeitig eine der wichtigsten Wärmequellen. Ab einer Tiefe von ca. 60 bis 100 Meter hat das Erdreich eine Grundtemperatur von etwa zehn Grad Celsius. Im Vergleich zur Umgebungsluft ist die Temperatur sehr konstant. Selbst wenn die obere Erdschicht vereist ist, arbeiten Erdwärmepumpen effizient, da der Unterschied zwischen der Wärmequelle und der Vorlauftemperatur auch im Winter verhältnismäßig gering bleibt.

Die Funktionsweise ist im Prinzip dieselbe wie bei Luft-Wasser-Wärmepumpen, nur dass vor allem im Winter mehr Basiswärme zur Verfügung steht. Allerdings sind die Anlagen durch die Erdsonden deutlich teurer, weshalb sie eher für große Anlagen (nahezu alle Hochbauten) geeignet sind. Ein weiterer Vorteil von ihnen ist, dass sie im Sommer durch reine Zirkulation ohne Einsatz der Wärmepumpe sehr kostengünstig kühlen. Leider sind solche Erdsonden nicht überall erlaubt.

Wärmepumpe mit Geothermie und PV-Anlage

Die effektivste und zugleich nachhaltigste Art der Wärmegewinnung ist die Kombination der Wärmepumpe mit Geothermie und PV-Anlage. Den Betrieb der Wärmepumpe gewährleistet bei ihr größtenteils die eigene Solarenergie. Auf diese Weise kann das Gebäude sogar überschüssige Energie erzeugen.

Der stoffliche Pfad – Rekarbonisierung durch Baustoffe und Bauprozesse

Die Energiepotenziale der Umwelt auf einen Blick

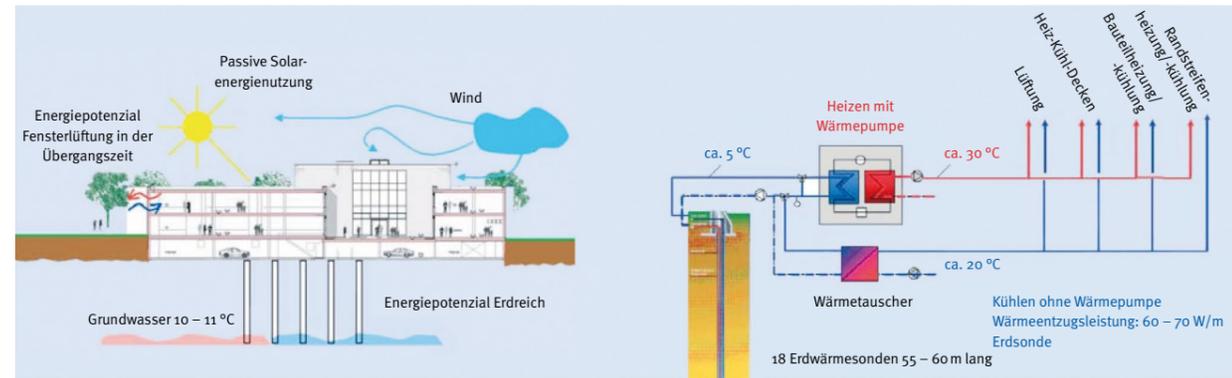


Abb. 11: Erdreichgestützte Wärme- und Kälteerzeugung. Ergiebigkeit Heizen: ca. 4,5 kWh Wärme für 1 kWh Strom

Heizen mit Holz ist nicht nachhaltig

Heizen mit Holz ist entgegen der weit verbreiteten Meinung nicht klimaneutral. Das zu behaupten, weil ein in einer Heizperiode im Ofen verfeuerter Baum in 50 Jahren (vielleicht) wieder nachwächst, ist eine Milchmädchenrechnung und für die Holzverbrennung Förderungen anzubieten ist absurd. Die CO₂-Emissionen sind sogar höher als bei fossilen Energieträgern wie Kohle oder Gas. Zudem produziert die Holzverbrennung Kohlenmonoxid, Stickoxide, Methan, Ruß und andere schädliche Emissionen.

Im Grunde müsste man weitere Holzheizungen aller Art zumindest innerhalb von Siedlungen oder Städten verbieten und nur in ländlichen Gebieten oder bei vereinzelt stehenden Bauernhöfen mit Waldbewirtschaftung Ausnahmen erlauben. Bestehende Anlagen müssen mit einer optimalen Verbrennungs-Steuerung wie z. B. am KIT entwickelt nachgerüstet werden.

„Nichts verbrennt dreckiger und klimaschädlicher als Holz.“

Achim Dittler, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Zu Holzpellets dürften lediglich Sägespäne oder Alt- und Resthölzer verarbeitet werden, sofern für Letztere keine weitere stoffliche Verwendung besteht. Bedauerlicherweise werden inzwischen für die Produktion von Pellets Wälder abgeholzt, unter anderem in Rumänien.

Heizen mit Wasserstoff

Zur Debatte steht auch, inwieweit grüner Wasserstoff fürs Heizen zum Einsatz kommen könnte. Zwar ist das momentan aufgrund der hohen Kosten und der geringen Verfügbarkeit eher eine theoretische Diskussion. Dennoch ließe sich grüner Wasserstoff beispielsweise mit bis zu zehn Prozent (und künftig auch mehr) in das bestehende Gasnetz einspeisen.

Brennstoffzellen können in der Gebäudeenergieversorgung gleichzeitig Strom und Wärme bereitstellen. In Kombination mit Wärme- oder Stromspeichern könnten sie zum Baustein für die Sektorkopplung werden. Die Kosten für die Investition und Wartung sind allerdings relativ hoch, sodass sich das System eher für große Verbraucher eignet – und erst dann, wenn es günstigen grünen Wasserstoff gibt.

Gasthermen sind in Bestandsgebäuden die am weitesten verbreiteten Wärmeerzeuger. Die Investitionen sind vergleichsweise gering, Handhabung und Wartung sind etabliert. Der Aufwand, sie zu Wasserstoffthermen umzurüsten, wäre niedrig.

Doch weder bei Energieversorgern noch in der Politik stehen diese möglichen Lösungen momentan oben auf der Agenda. Das hat einen einfachen Grund: Es wird in naher Zukunft in Deutschland nicht genügend Wasserstoff geben, um ihn in Gebäuden für Heizzwecke zu verwenden. Für die wirtschaftliche Herstellung von grünem Wasserstoff im industriellen Maßstab ist der Zugang zu günstigem, erneuerbarem Strom in großen Mengen unabdingbar. Großprojekte zur Erzeugung von grünem H₂ werden daher insbesondere dort entstehen, wo es durch viel Wind und/oder Sonne Zugang zu günstigem, erneuerbarem Strom gibt.

In den 60er- und 70er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts hat es kaum jemanden interessiert, ob während der Bauzeit CO₂ anfällt, ob die Baustoffe gesund sind und was mit dem Gebäude nach Ende der Nutzungsdauer passiert.

In den 80er- und 90er-Jahren haben wir bei Drees & Sommer begonnen, die Gebäude möglichst energiesparend zu konzipieren und Regenwasser zu nutzen – aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen. Außerdem achteten wir darauf, schädliche Baustoffe zu vermeiden (Bauleiterhandbuch Potsdamer Platz). Es ging uns letztlich darum, weniger schädlich zu sein und negative Auswirkungen zu vermeiden. Auf diesem Pfad der Minimierung von negativen Auswirkungen (vor allem aus dem Energie-Bereich) sind wir inzwischen ein ganzes Stück vorangekommen, aber noch lange nicht am Ziel!

Deshalb müssen wir uns jetzt zusätzlich intensiv dem zweiten Pfad widmen, der Maximierung von positiven Auswirkungen durch Produktoptimierung, Bauprodukte aus Kohlenstoff und der Kreislaufwirtschaft mit Cradle to Cradle und ein neues Verständnis hinsichtlich verbauter Materialien als Rohstofflager.

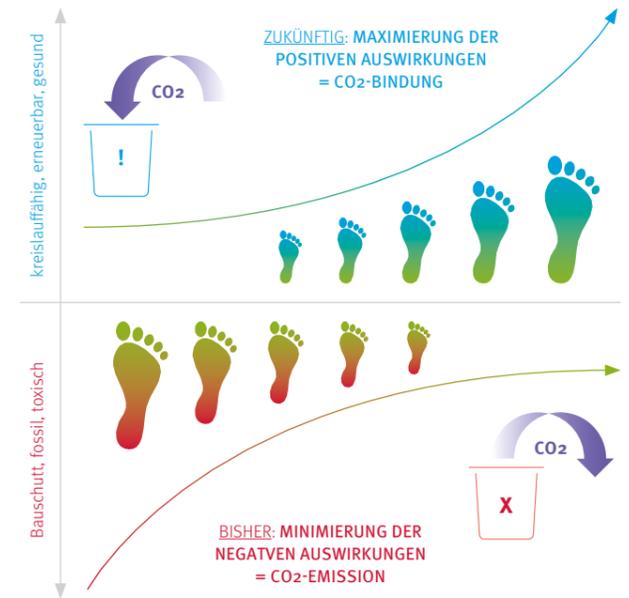


Abb. 12: Von der Minimierung negativer Auswirkungen zur Maximierung positiver Auswirkungen

Optimierte und neue Baustoffe in der Entwicklung

Wer Gebäude baut, benötigt die sogenannte graue Energie, um Roh- und Baustoffe (Zement, Stahl, Aluminium und andere) zu gewinnen und Bauelemente zu fertigen.

Energieverbrauch für die Bauelemente

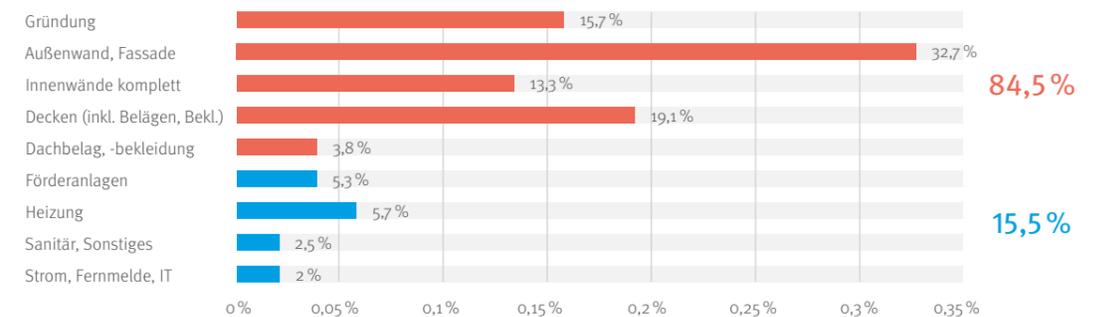


Abb. 13: Vergleich des durchschnittlichen Energieverbrauchs für die verschiedenen Gebäudeelemente

Der größte Energieeinsatz fällt für den Rohbau, die Fassade und das Dach an. Dabei entsteht eine große Menge an CO₂.

53 Wohneinheiten

Volumen: 14.800 m³

Wohnfläche: 3.600 m²

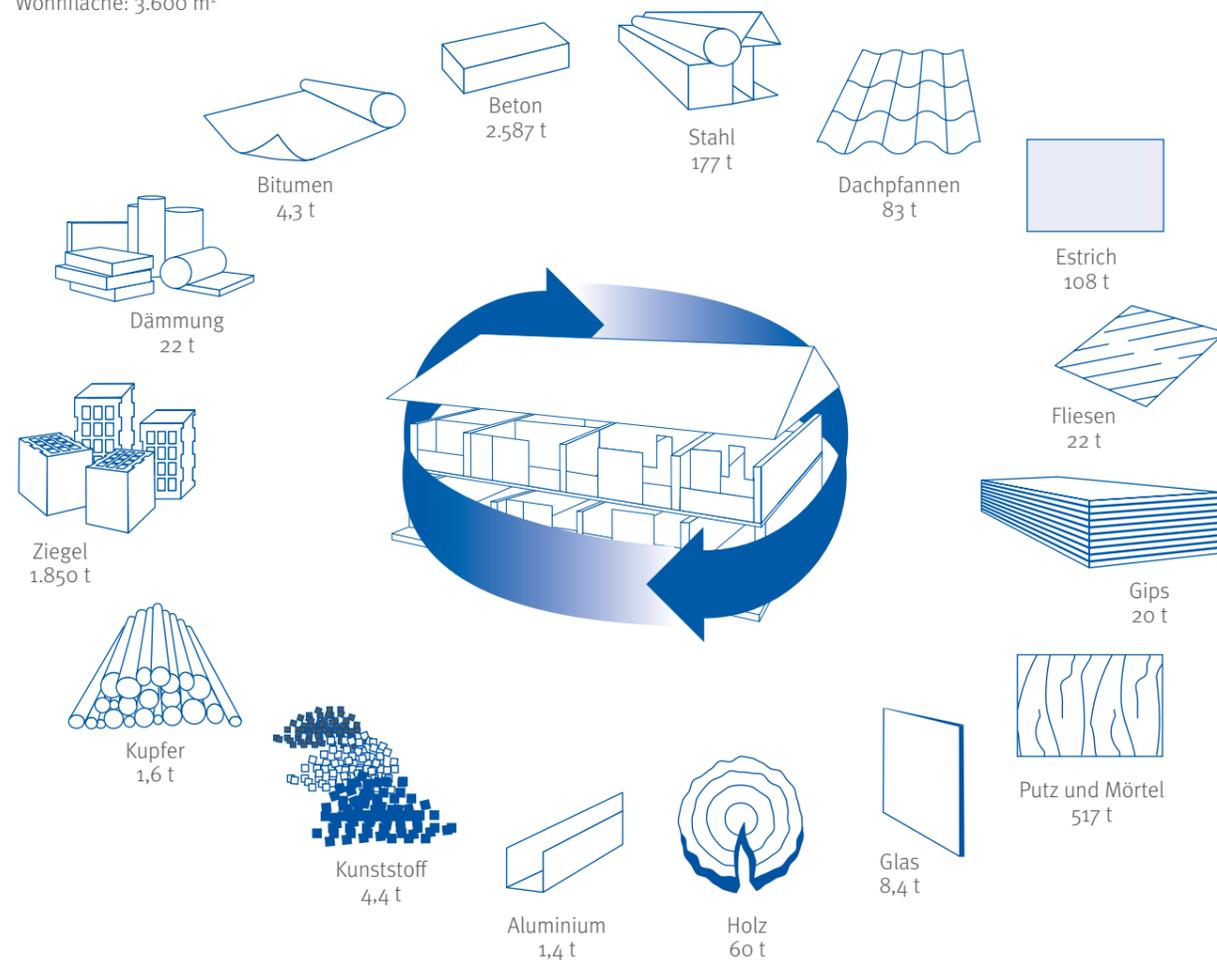


Abb. 14: Üblicherweise verwendete Baumaterialien in Tonnen bei einem Wohngebäude (3.600 m² NF)

Beton spielt (wie die Abbildung zeigt) beim Bauen eine maßgebende Rolle. Besonders bei ihm, beim Zement, müssen wir uns intensiv um die Entwicklung von nachhaltigerem Ersatz kümmern. Das ist bereits in vollem Gange.

Carbonbeton

Carbonbeton, eine Verbindung aus Beton und Kohlenstofffasern, ist fester, leichter und langlebiger als herkömmlicher Beton. Carbon rostet nicht und braucht anders als der Stahlbeton keine Betonüberdeckung. Der Sandverbrauch und die mit der Herstellung von Stahlbeton verbundenen CO₂-Emissionen lassen sich so deutlich reduzieren, insbesondere, wenn der Kohlenstoff aus der Luft geholt wird. Carbon punktet gegenüber Stahlbeton auch hinsichtlich Tragfähigkeit und Gewicht. Allerdings liegt der Fokus hier allein auf der CO₂-Einsparung, die Wiederverwertung bleibt außen vor.

Polymerbeton

Bei Polymerbeton kommt kein Zement, sondern ein Kunststoff (Polymer) als Bindemittel zum Einsatz, was dem Werkstoff zu mehreren positiven Eigenschaften verhilft. Das ausgehärtete Produkt hat ein geringeres Gewicht, das erleichtert den Transport und den Einbau. Dennoch ist das Material fester als Zementbeton und kann höhere Zug- und Biegespannungen aufnehmen. Der Polymerbeton ist anfälliger gegenüber Schlägeinwirkungen, aber trotzdem geeignet für Erdbebengebiete. Ein weiteres Manko neben der Anfälligkeit: Auch der Polymerbeton punktet nur bei der CO₂-Einsparung und nicht bei der Wiederverwertbarkeit.

Holzbeton

Holzbeton oder auch Holzspanbeton besteht aus Zement als Bindemittel und Häckseln bzw. Spänen, die in der Regel Abfallprodukte der Holzindustrie sind. Schlagmühlen bringen Weichholz etwa von Fichten oder Kiefern auf die entsprechende Größe, versetzt mit Mineralstoffen, Wasser und Zement entstehen Holzspan-Mantelsteine oder Holzspan-Dämmplatten. Fein geschliffenes Holz ersetzt den entsprechenden Kies- und Sandanteil mit einem Volumenanteil von mehr als 50 Prozent Holz.

Leider ist dieser Baustoff aus C2C-Sicht nicht optimal, da es sich um einen untrennbaren Mix aus technischem und biologischem Material handelt, der schlecht recycelt werden kann.

Zementherstellung ohne CO₂

Entscheidend für die Herstellung von konventionellem Beton ist der Zement und seine schlechte CO₂-Bilanz. Das Unternehmen sublime-systems hat ein Verfahren entwickelt, um Zement nicht thermisch, sondern rein elektrisch herzustellen, ohne auf Kalkstein als Calciumquelle angewiesen zu sein und CO₂ als Reaktionsprodukt hinnehmen zu müssen. Das Produkt soll 2023 auf den Markt kommen.

Holz für Konstruktion und Ausbau

Nicht neu – aber lange unterschätzt: Holz ist als Baumaterial in puncto CO₂ ein genialer Werkstoff. Der beim Wachstum der Bäume in ca. 50 Jahren gespeicherte Kohlenstoff bleibt beim Einbau in Gebäuden zumindest über die Nutzungsdauer von 50 bis 80 Jahren gespeichert. Unbehandeltes Holz steht nach einem Rückbau entweder im Ganzen zur Verfügung oder geschreddert in Spanplatten. Behandeltes Holz muss derzeit in Heizwerken verbrannt werden, eine private Verbrennung ist verboten.

Grundsätzlich ist es aber fraglich, ob wir in Europa überhaupt über so viel Holz verfügen, um in eine große Holzbauwirtschaft einzusteigen.

Biokohle aus Holzabfällen

Statt Holzabfall zu verbrennen, lässt sich aus ihm Biokohle erzeugen. Das Verfahren dazu hat Made of Air entwickelt. Pflanzenkohle ist eine Technologie mit negativen Emissionen, die Kohlenstoff dauerhaft in stabiler Form bindet. Die Biokohle kann wiederum die Grundlage sein für Ersatzmaterialien beispielsweise für fossiles Plastik und Aluminium in Fassaden.

Pilze als Dämmstoff

Der unterirdisch wachsende Teil von Pilzen, Myzel genannt, lässt sich zu Dämmmaterial oder Baustoffen weiterverarbeiten – wissenschaftliche Verfahren dazu sind derzeit am Entstehen. Das schaumartige Material aus Myzelien könnte sich kombiniert mit beigemischten Nebenprodukten als ressourcenschonende Alternative zu Kunststoff, Styropor oder Sperrholz eignen.

Stahlproduktion mit Wasserstoff

Um in der Stahlindustrie CO₂-Emissionen zu verringern, sind in erster Linie veränderte Prozesse für die Primärstahlerzeugung unerlässlich – mit Wasserstoff statt wie bisher Kohlenstoff als Reduktionsmittel für die Eisenerze. Ein weiterer Baustein für weniger CO₂-Ausstöße ist die schrottbasierte Elektrostaahlproduktion. Mit ihr steht bereits heute für rund 30 Prozent des erzeugten Rohstahls ein treibhausgasärmeres Verfahren zur Verfügung.

Stahl und die Nebenprodukte der Stahlherstellung (z. B. Schlacken) sind Ausgangspunkt einer Vielzahl von Wertschöpfungsketten, die sich an den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft orientieren und die in erheblichem Umfang CO₂-Einsparungen ermöglichen. Stahl lässt sich ohne Qualitätsverlust immer wieder recyceln, was ebenfalls dazu beiträgt, Treibhausgasemissionen zu verringern.

Echte Kreislaufwirtschaft: Cradle to Cradle®

Glasproduktion

Die Glasindustrie kann einen erheblichen Beitrag leisten, wenn sie CO₂ aus Prozessgasen auffängt, mit erneuerbar erzeugtem Wasserstoff in Brennstoff umwandelt und erneut für die Glasschmelze nutzt. Das erscheint besonders vielversprechend bei Oxyfuel-Prozessen, in denen das Prozessgas einen hohen CO₂-Gehalt aufweist. Es laufen aber auch für luftbetriebene Anlagen Tests mit der Methode, um die Breite der in der Glasindustrie eingesetzten Verfahren abzudecken.

Aluminiumeinsatz

Aluminium kommt vor allem im Fenster- und Fassadenbau zum Einsatz. Der Elektrolyseprozess, während dem aus dem abgebauten Erz Bauxit reines Aluminium, sogenanntes Primäraluminium, entsteht, verlangt eine große Menge an elektrischem Strom. Entsteht er nicht der Kohle, sondern erneuerbaren Energien, lassen sich die CO₂-Emissionen von 20 auf 4 kg CO₂ pro kg Aluminium reduzieren. Entscheidend ist bei Aluminium außerdem die Wiederverwendung möglichst auf derselben Stufe. (Fenster wird wieder zu Fenster etc.) Die Recyclingrate bei Aluminium ist sehr hoch, aber deutlich geringer als die Nachfrage. Der Speicher wird erst aufgebaut.

Bodenbeläge

Ein positives Beispiel: Teppichfliesen mit einer Rückenkonstruktion auf der Basis von biobasierten und recycelten Füllstoffen weisen eine hohe Kohlenstoffbindung auf und haben einen hohen Anteil an CO₂-negativen Materialien.

Erkenntnisse

Ein großer Anteil der CO₂-Emissionen im Gebäudebereich entsteht nicht erst im Betrieb, sondern schon beim Bauen. Die Gründe dafür sind:

- › Energieverbrauch für die Produktherstellung (und den Transport)
- › Chemische Reaktionen im Rahmen der Herstellungsprozesse
- › Ineffiziente Produkte
- › Die fehlende Wiederverwendung von verbauten Materialien

Das bringt uns zu einem noch viel zu wenig beachteten Kapitel in der Bauindustrie.

Energieeffizienz verbunden mit CO₂-Einsparungen und dem Einsatz erneuerbarer Energien sind in der Baubranche inzwischen als Erfordernis anerkannt. Das ist jedoch lange nicht ausreichend. Langfristig haben wir keinen Mangel an Energie, sondern an Rohstoffen. Als größter Verbraucher der weltweiten Rohstoffe und Verursacher von immensen Abfallmengen steht die Bauwirtschaft wie kaum ein anderer Industriezweig in der Verantwortung.

Ursache dafür ist der lineare Prozess, bei dem die Branche kontinuierlich und in wachsendem Umfang Rohstoffe für die Herstellung von Baumaterialien aus der Geosphäre entnimmt. Das hat längst zu erheblichen Engpässen – beispielsweise bei der Sandgewinnung – und erheblichen Umweltschäden geführt. Zu einer gewissen Verbesserung hat das Recycling beigetragen, bei dem die wiederverwerteten Stoffe allerdings in aller Regel nicht mehr auf derselben Ebene verwendet werden können.

Die Lösung basiert auf dem Cradle to Cradle-Gedanken, der „echten Kreislaufwirtschaft“. Cradle to Cradle stellt einen idealisierten, geschlossenen Rohstoffkreislauf nach dem Vorbild der Natur dar, bei dem alle sortenrein voneinander getrennten Rohstoffe eines Produkts nach dessen Nutzung wiederverwendet werden.

Kennzeichnend für diese Kreislaufwirtschaft sind mehr Reparaturen, Wiederverwertungen und Wiederaufbereitungen und damit eine Verlängerung der Nutzungsdauer. So weit als möglich Revitalisierung anstatt Abriss, Erneuerung in sinnvollem Umfang, und wenn eine Weiternutzung nicht mehr möglich oder sinnvoll ist, heißt es Demontage und Verwertung statt Abfallbeseitigung. Im Sinne des nachhaltigen und wirtschaftlichen Bauens muss C2C mit einer CO₂-freien Energieversorgung und der Nutzungsoptimierung durch eine Gebäude-Digitalisierung verknüpft sein. Das gilt für Neubauten genauso wie für die – noch anspruchsvollere – Sanierung von Bestandsgebäuden.

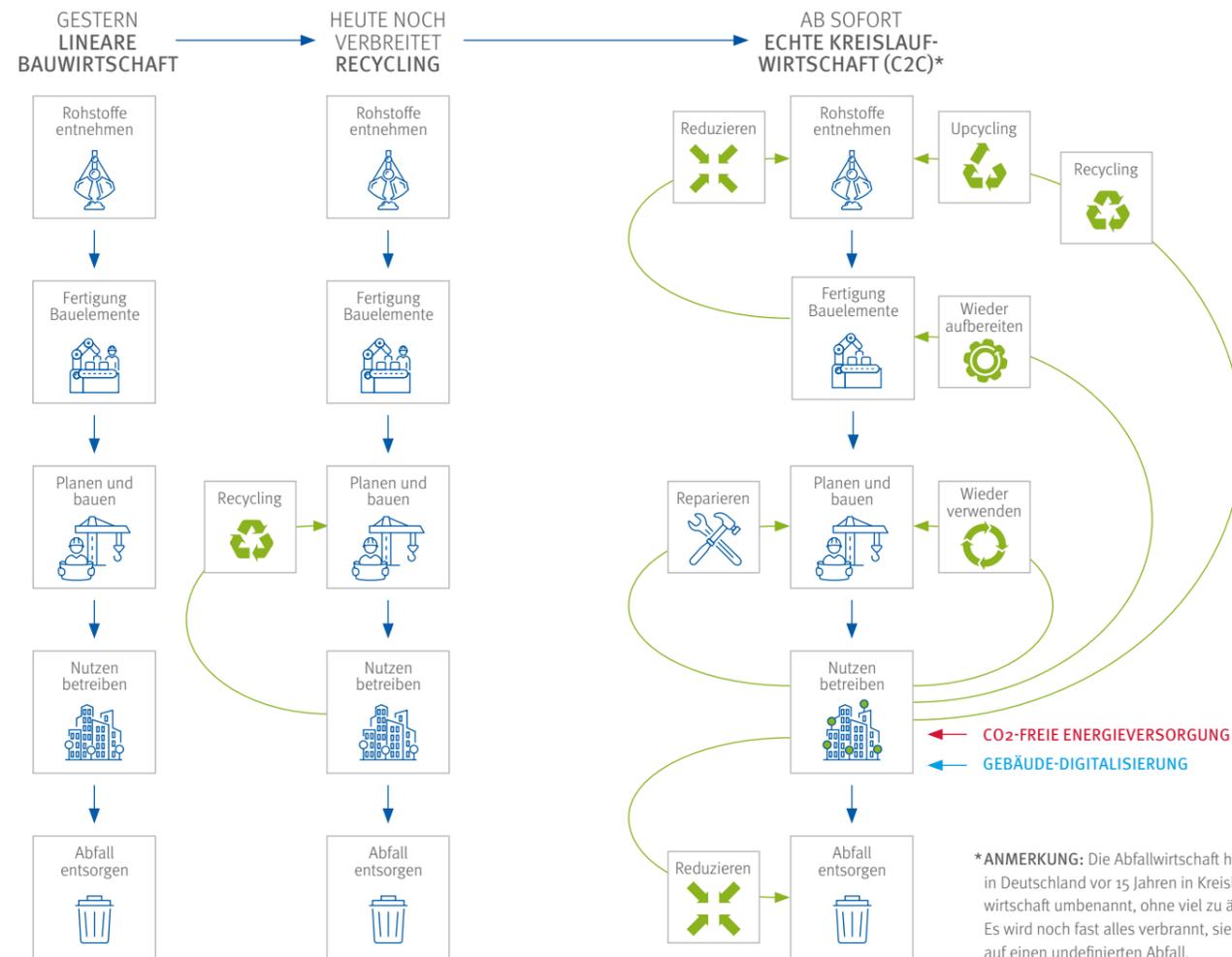


Abb. 15: Entwicklung der Materialverwendung in der Bauwirtschaft

Gute Tools wie das von EPEA – Part of Drees & Sommer und Die Werkbank entwickelte **BIM & More-Plugin**, das verschiedene Datenbanken und die BIM-Planung zusammenführt, helfen bei der Planung. Die Product-Cloud-Lösung ermöglicht den Datenaustausch zwischen den einzelnen Playern in der Planungsphase – inklusive der Hersteller mit Produktdaten.

C2C- UND CO₂-OPTIMIERUNG

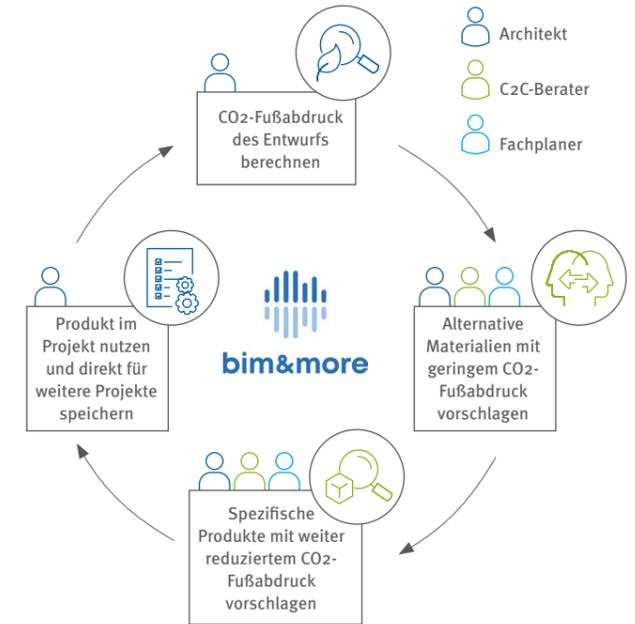


Abb. 16: Verknüpfung der Nachhaltigkeitskriterien mit der Planung über BIM & More

Es besteht die Möglichkeit, den Circularity Passport auf Basis dieser Daten automatisch zu berechnen. So können Projekte mit möglichst geringen CO₂-Emissionen geplant werden, die gleichzeitig die C2C-Anforderungen erfüllen. Verknüpft ist das Ganze mit umfangreichen Produktinformationen von EPEA und korreliert mit den Ansätzen zum industrialisierten Bauen mit Blue Modularity.

In einem BIM Cloud Storage Space können die Planer eigene Daten ablegen und mit Kolleg:innen teilen. Auch die Verknüpfung und der spätere Datenaustausch (für Updates) mit Plattformen wie Madaster sind möglich. Außerdem bietet BIM & More zahlreiche Ansatzpunkte für die Nutzung von KI.

Die Vorgehensweise

Um C2C-gerecht zu bauen, bedarf es eines konsequenten Vorgehens von der Vorbereitung und Definition der Planungsinhalte bis zur Übergabe des Gebäudes. Das ist inhaltlich und wirtschaftlich nur noch mit einer durchgängig datenbanken- und BIM-unterstützten digitalen Planung möglich.

In der Vorbereitungsphase ist die Aufgabe, vorhandene Randbedingungen zu analysieren und zu dokumentieren. In der Definitionsphase gilt es, die Vorgaben des Bauherrn in Lastenheften festzulegen und mögliche Förderungen zu checken. Im Falle einer Sanierung (bzw. einer Revitalisierung) muss der Umfang der Leistungen definiert werden. Entscheidend sind dabei zunächst die Bausubstanz und die Nutzungsanforderungen. Der Umfang kann bis zu einer Kernsanierung gehen oder sich sogar noch deutlich erhöhen, sofern eine Nutzungsänderung, also ein Redevelopment, vorgesehen ist. Das ist eine Frage der Marktfähigkeit und der Wirtschaftlichkeit.

Anforderungen aus dem am 24. Juni 2021 vom Bundestag verabschiedeten Bundes-Klimaschutzgesetz beeinflussen Neubauten und (mehr noch) Bestandssanierungen massiv. Mit dem neuen Gesetz wird das Ziel der Klimaneutralität um fünf Jahre auf 2045 vorgezogen. Auf dem Weg dahin gelten verbindliche Ziele für die 2020er- und 30er-Jahre. Das neue Gebäudeenergiegesetz bedeutet eine weitere Verschärfung. Und dann gilt es in der Planung auch noch, C2C-gerechte Baustoffe auszuwählen. Das alles lässt sich eigentlich nur noch per Modularisierung der Gebäude bewerkstelligen, wobei für die einzelnen Module sämtliche Informationen bis hin zu den einzelnen Baustoffen dokumentiert sind.

Es ist sinnvoll, die aus den Lasten- in die Pflichtenhefte überführten Inhalte als BIM 7D-Planung bzw. als sogenannten digitalen Zwilling zu verarbeiten. Das beinhaltet das Engineering für Energieoptimierung und Kreislaufwirtschaft ebenso wie die modulare Vorfertigungsplanung und die Gebäude-Digitalisierung. Während der Planungsphase gilt es zudem, das Facility Management vorzubereiten und alles als Lean Design zu managen.

In der Bauphase entsteht im Grunde aus dem digitalen Zwilling mithilfe des Lean Construction Managements der reale Zwilling. Dokumentiert werden nach der Fertigstellung die CO₂- und die Ökobilanz, es wird ein Energieausweis erstellt und ein Material Passport mit allen verwendeten Materialien und ihrer chemischen Beschaffenheit. Die Phase der Inbetriebnahme, Abnahme und Übergabe (IAÜ) schließt das Projekt inklusive der gesamten Dokumentationen ab, die gleichzeitig die Grundlage für den Betrieb des Gebäudes, dessen Instandhaltung und gegebenenfalls für Sanierungen bilden.

So schließt sich der Kreislauf von Bauen und Betreiben in Zukunft immer mehr, da durch eine kreislauffähige Planung viele Baustoffe wiederverwendet oder recycelt werden können.

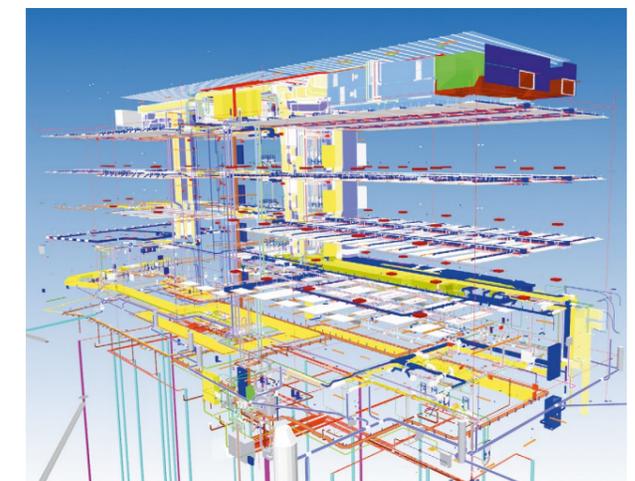
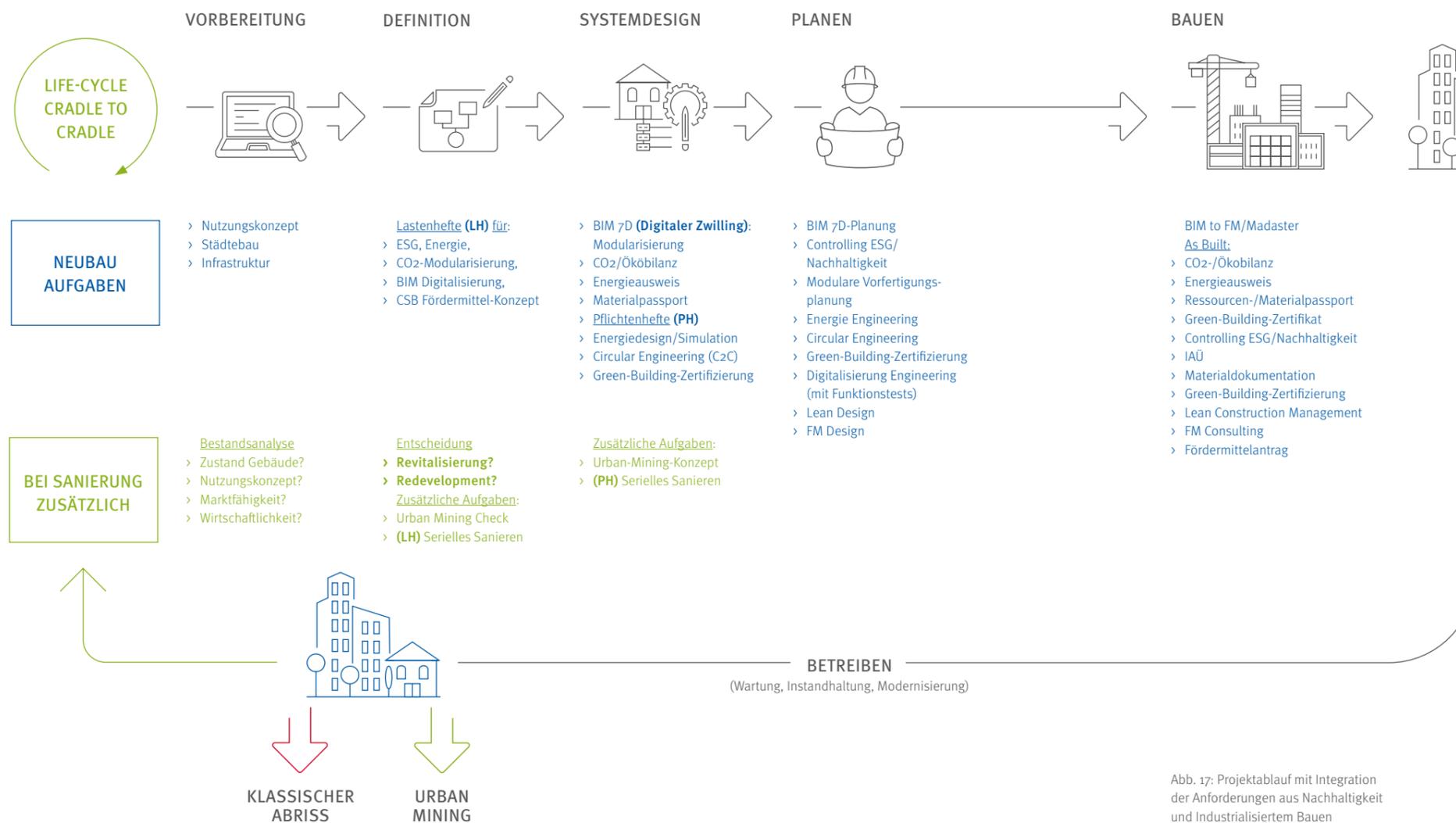


Abb. 17: Projektablauf mit Integration der Anforderungen aus Nachhaltigkeit und Industrialisiertem Bauen

Drees & Sommer-Innovationsgebäude OWP12: Analyse der Möglichkeiten im Real-Labor

Das neue Bürogebäude von Drees & Sommer in Stuttgart steht für die Energiewende im Gebäudesektor. So weit wie nur möglich haben wir das Plusenergiehaus kreislauffähig konzipiert und auf Schadstofffreiheit und einfache Demontierbarkeit geachtet. Die OWP12 (Obere Waldplätze 12) erzeugt mehr Energie, als im Regelbetrieb verbraucht wird. Die Grundlagen dafür sind eine neu entwickelte, hochdämmende Fassadenkonstruktion, Photovoltaikanlagen auf dem Dach sowie an der Südfassade und eine Großwärmepumpe unter Nutzung von Erdwärme über Geothermie-Bohrungen.

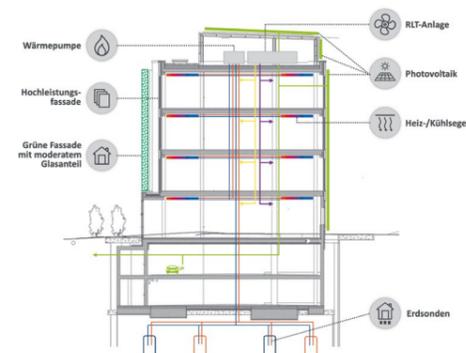


Ein besonderes Augenmerk haben wir – unterstützt von unserem Tochterunternehmen EPEA – auf die Auswahl hochwertiger, nachhaltiger Möbel und Materialien und den bevorzugten Einsatz von Cradle to Cradle-Produkten und C2C-geprüften Stoffen gelegt.

Obwohl C2C-Produkte bei den meisten Herstellern noch nicht verfügbar sind, konnte der CO₂-Ausstoß gegenüber einem Gebäude aus den 1980er-Jahren um etwa 20 Prozent reduziert werden.

Plusenergiegebäude

Seine positive Energiebilanz verdankt das Gebäude mehreren Komponenten, zuvorderst der Erdwärme- und Luftwärme-Pumpe sowie den Photovoltaik-Elementen auf dem Dach, die etwa zwei Drittel der Stromerzeugung besorgen. Darüber hinaus nutzen wir ganzjährig Prozessabwärme aus der Kantine und dem Serverraum, damit die unvermeidbare Prozessenergie nicht ungenutzt verpufft. Die Photovoltaik-Elemente in der Süd- und West-Fassade des Gebäudes erzeugen das restliche Drittel des nötigen Stroms. Die Fensterelemente im Bereich der Pfosten-Riegel-Konstruktion haben außerdem eine Isolierverglasung mit integrierten Wafeln erhalten. Die Kombination all dieser Energiesysteme sorgt dafür, dass das Gebäude im Standardbetrieb insgesamt mehr Energie erzeugt, als verbraucht wird. Die hochwärmedämmende Fassade erlaubt in Verbindung mit der offenen Decke eine Nutzung der Speichermasse im Gebäude.



Die Kombination all dieser Energiesysteme sorgt dafür, dass das Gebäude im Standardbetrieb insgesamt mehr Energie erzeugt, als verbraucht wird.

Innovationsfassade

Jahrelanges Tüfteln und Planen von Drees-und-Sommer-Fachleuten in Kooperation mit der FKN Gruppe, einem Fassadenbauer aus Neuenstein bei Heilbronn, haben eine neuartige, modulare Fassadenkonstruktion hervorgebracht, die dank innovativer Materialien (vor allem nachhaltige Dämmstoffe) sehr hohen Anforderungen an Schallschutz und Wärmedämmung standhält und eine außergewöhnlich geringe Paneltiefe aufweist. Das sorgt für eine hohe Flächeneffizienz und vergrößert die vermietbare Fläche eines Gebäudes – ein enormer Vorteil der Fassade namens e-coFACE, von dem künftig auch unsere Kunden profitieren sollen.

Hinzu kommt: Die Fassade ist sehr energieeffizient und erzeugt wie beschrieben selbst Energie. Für die OWP12 war sie perfekt. Das schmale Grundstück in unmittelbarer Nähe zu einem stark frequentierten Autobahnzubringer erfordert einen hohen Schall- und Wärmeschutz, aber auch eine möglichst schlanke und flächeneffiziente Bauweise. Die thermische Hülle hat einen Aufbau von nur 90 Millimetern. Die umgesetzte Fassade mit Photovoltaik-elementen ist in Summe nur 210 Millimeter dick. Zum Vergleich: Eine konventionelle Konstruktion hätte einen Gesamtaufbau von mindestens 400 Millimetern.

„Innovationen voranzutreiben führt auch zu Kollisionen mit dem bestehenden Baurecht. Zur Auflösung der Widersprüche braucht man gute Nerven.“

Thomas Berner, Associate Partner bei Drees & Sommer



Außerdem ist das innovative Fassadensystem nach der Brand-schutz-Klassifizierung auch für den Einsatz im Hochhausbau geeignet – bestätigt durch die Materialprüfanstalt für das Bauwesen der TU Braunschweig und durch die Erteilung der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ).

Die in der e-coFACE verbauten Materialien erfüllen die Anforderungen von Umweltlabels wie DGNB, LEED und BREEAM. Das zugrunde liegende Dämmmaterial Calostat ist C2C-zertifiziert. Durch die im Detail geplante Rückbaubarkeit aller Teile ist die Möglichkeit einer sortenreinen Trennung gegeben; die Materialien können nach ihrer Nutzungsdauer recycelt oder wiederverwendet werden.

Grünfassade

Einen Teil der Fassade haben wir als „Living Wall“ begrünt. Die tragenden Platten des Begrünungssystems bestehen aus Aluminiumträgern und Alucobond-Platten, deren Aluminium aus recycelten Quellen stammt und ebenso wieder recycelbar ist. Bewässert wird die Grünfassade mit Regenwasser, das in drei Zisternen in der Dachzentrale gesammelt und über ein Freispiegelgefälle verteilt sowie bei Bedarf automatisiert mit Frischwasser nachgespeist wird.

Die Grünfassade wurde als Muster und Vorbild für weitere Bauvorhaben konzipiert. Dabei wurde neben den Materialien vor allem auch der Betrieb bedacht.

Customized Smart Building

Digitale Alltagshelfer halten in der OWP12 den Energieverbrauch im Betrieb niedrig. Die Apps erleichtern das Berufsleben der Mitarbeitenden, die beispielsweise schnell und einfach Zugangsberechtigungen steuern, Konferenzräume buchen, Stellplätze im Parkhaus belegen und die Einstellungen von Heizung, Kühlung, Lüftung oder Licht individuell und automatisiert an die eigenen Bedürfnisse anpassen können. An den dazu erforderlichen IT- und Sensorik-Lösungsansätzen haben wir gemeinsam mit unseren Kooperationspartnern Phoenix Contact und Solo Lightning gearbeitet.

Eine solche intelligente Planung der IT-Infrastruktur bietet viele Vorteile:

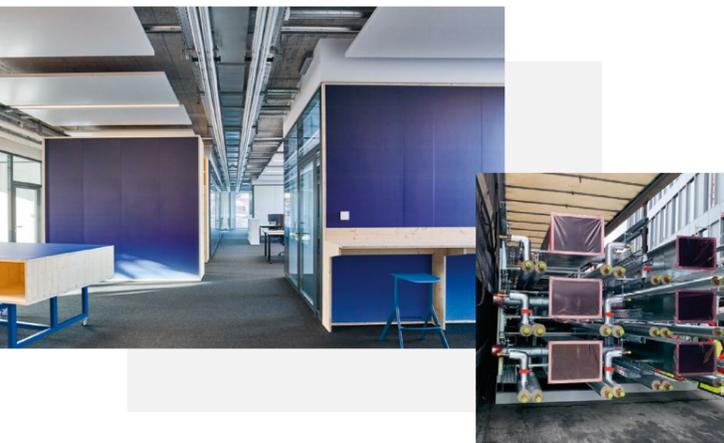
- > Netzwerk aus einer Hand
- > Ganzheitliche Security-Konzeption
- > WLAN-Ausleuchtung und Consolidation Points reduzieren den Umfang der Verkabelung
- > Power over Ethernet (PoE) – Versorgung von IoT Gateways und IT-Geräten
- > Ein 24/7-Monitoring mit KI-Funktionen
- > Sensorik steuert die Displays und schaltet sie an und ab

Erst Bausteine wie Monitoring und Überwachung optimieren das Zusammenspiel aller Teilsysteme mit dem Ziel von mehr Effizienz beim Betrieb und bei der Gebäudenutzung.

Das TGA-Modul: Vorfertigung modularer Bauteile

Statt heute 80 Prozent der Bauteile vor Ort zu verarbeiten und nur 20 Prozent vorzufertigen, muss sich das Verhältnis künftig umkehren. Viele Bauteile lassen sich längst wetter- und auch ortsunabhängig in der Halle herstellen und dann just in time zur Baustelle liefern. Für die OWP12 haben wir gemeinsam mit der Firma Würth zwei Prototypen eines neuen TGA-Moduls entwickelt. Sie beinhalten Elemente der technischen Gebäudeausrüstung (TGA), zu der beispielsweise Heizung, Klima und Elektrotechnik zählen.

Solch komprimiert ausgestattete TGA-Fertigteile erfordern den Einsatz einer digitalen Planungsmethode wie Building Information Modeling (BIM). In die Zukunft gedacht, lassen sich die in den BIM-Modellen eingefügten Daten zu Abmessungen, Material oder technischen Eigenschaften direkt an Maschinen oder 3-D-Drucker übermitteln, die dann standardisierte Serienelemente produzieren.



Die Module gelangen einfach und schnell auf die Baustelle. Die vollständige Montage geschieht in unter 30 Minuten. Das dauert in herkömmlicher Bauweise etwa zwölf Stunden. Die Verlagerung der Produktion von Bauelementen ins Werk vereinfacht auch die Suche nach Fachkräften, die nicht mehr wie bisher teilweise bei Kälte oder Hitze die einzelnen TGA-Elemente vor Ort zusammenbauen müssen. Außerdem steigert die Vorfertigung die Qualität der millimetergenau produzierten Bauteile.

Das BIM-Modell fungiert zudem als digitales Gedächtnis, das bei einem späteren Rückbau wertvoll wird. Welche Module mit welchen Stoffen an welchen Stellen im Gebäude verbaut wurden, ist genau definiert, sodass die Module nach dem Ende der Nutzungszeit des Gebäudes wieder entnommen und entweder aufbereitet als Ganzes im nächsten Bürogebäude verbaut oder ihre Einzelteile weiterverwertet werden können.

C2C und Kreislaufwirtschaft = „enkelfähig“

Ein von der EPEA erstellter Building Circularity Passport dokumentiert zentrale C2C-relevante Merkmale jedes einzelnen verwendeten Materials im Gebäude, zum Beispiel dessen Herkunft, Recyclingfähigkeit und Trennbarkeit, und stuft es anhand eines Ampelsystems ein. Auch in diesem Fall besteht eine direkte Verknüpfung zum BIM-Modell der OWP12. Eine BIM-Visualisierung der C2C-Einstufung sorgt dafür, Optimierungspotenziale optimal zu identifizieren.

Ist das Projekt abgeschlossen, gibt der Circularity Passport zusätzlich Auskunft darüber, welche verwendeten Materialien sich einfach trennen lassen und welche chemische Zusammensetzung die verbauten Produkte besitzen. Auch die monetären Werte der verbauten Konstruktionen in den Gebäuden lassen sich damit leicht ermitteln. Diese Informationen über die Immobilie liefern einen großen Mehrwert für die Finanzierung unter Risikogesichtspunkten, die Wertermittlung und den Betrieb der Gebäude.

Effizienz beim Planen und Bauen durch Digitalisierung

Maßstäbe setzt die OWP12 auch in puncto Digitalisierung des Projektablaufs: Ideen, Entwürfe, Simulationen, Zeitpläne, Pflichtenhefte, Budgets, Baugenehmigungen – all das hat unser Projektteam via BIM koordiniert. Bevor der erste Bagger anrückte, konnten wir das fertige Gebäude als digitalen Zwilling bereits vom Keller bis ins Dach hinauf erkunden. Widersprüche bei der Planung oder der Bauausführung haben wir im digitalen Modell früh erkannt und behoben, bevor sie auf der Baustelle zu Zeitverzögerungen führten.

Erstmals haben wir in einem Projekt auch Lean-Parameter in BIM integriert. Durch eine neu geschaffene Schnittstelle zum digitalen Tool LCM Digital zeigte das BIM-Modell nicht mehr nur den theoretischen Planungsstand, sondern auch den tatsächlichen Baufortschritt der Taktbereiche und der Gewerke-Züge auf der Baustelle.

In einem digitalen Dashboard konnten wir damit einfach und übersichtlich Soll-Ist-Vergleiche der geplanten Abläufe (SOLL) und möglichen Risiken und kritischen Schnittstellen (IST) erstellen und visualisieren.

Ein entscheidender Vorteil dieser Soll-Ist-Vergleiche ist, dass Kunden auf einen Blick den Status quo erkennen können, in welchem Taktbereich ihr Bauprojekt in Verzug ist und wo sie gut in der Zeit liegen. Auf diese Weise lassen sich die Gewerke deutlich effizienter einsetzen.

Fazit

Es ist deutlich geworden, dass die grundsätzliche Notwendigkeit des Klimaschutzes in Verbindung mit den geplanten neuen gesetzlichen Vorgaben zur grünen Wärmewende (GEG-Gebäudeenergiegesetz) und den Belangen einer echten Kreislaufwirtschaft eine völlig neue Art der Planung erfordert. Diese wird zunehmend eine modulare Planung sein müssen, um die Erfordernisse mit einer industrialisierten oder industriellen Bauweise umsetzen zu können.

Auf Bestandshalter kommen je nach Alter ihrer jeweiligen Gebäude über kurz oder lang größere Investitionen zu. In Abbildung 18 ist exemplarisch die Dringlichkeit des möglichen Handlungsbedarfs dargestellt. Allerdings schwankt die Gebäudequalität stark aufgrund der Bauweise, der laufenden Instandhaltung und der Nutzung. Deshalb kann das nur ein grober Hinweis sein.

Es ist aber auch deutlich geworden, dass die Notwendigkeit von Gebäudesanierungen nicht mehr nur vom Alter der Gebäude abhängt. Denn ganz unabhängig davon stehen die unterschiedlichen Bestandshalter auch vor sehr unterschiedlichen Problemen, die durch das GEG noch verschärft werden.

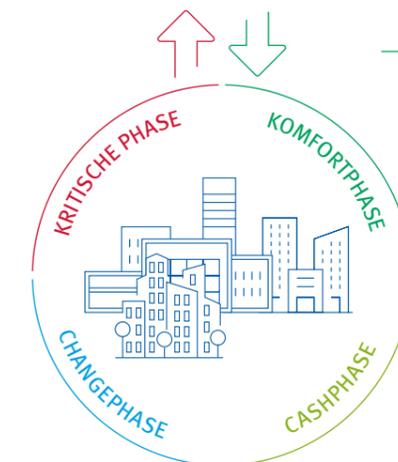
Bevor man sich also auf die technischen Themen stürzt, sollte immer eine Gesamtanalyse der Marktfähigkeit, der Gebäudewirtschaftlichkeit im Zusammenhang mit dem Betrieb, den Finanzierungsmöglichkeiten und einem möglichen Exit erfolgen. Erst im Anschluss an eine solche Analyse erfolgen die Variantenbildung der technischen und baulichen Lösungen und eine Machbarkeitsstudie für die ausgewählte Variante. Dabei kann es durch baurechtliche oder andere Einflüsse auch zur Auswahl einer anderen Variante – der „zweitbesten“ Lösung – kommen, die dann entsprechend optimiert wird.

VOR 1983

- > Bauzustand kritisch
- > Kaum Wärmedämmung
- > Gas-/Ölheizung völlig veraltet
- > Energetisch völlig veraltet
- > Revitalisierung dringend erforderlich

1984 – 1996

- > Hohe Instandhaltungen
- > Geringe Wärmedämmung
- > Gas-/Ölheizung veraltet
- > Energetisch veraltet
- > Auf alle Fälle Handlungsbedarf



GEBÄUDE NACH 2010

- > Minimale Instandhaltungskosten
- > Gute Wärmedämmung
- > Heizungsanlage max. 12 Jahre in Betrieb
- > Aus baulicher Sicht kein Handlungsbedarf

1997 – 2009

- > Erhöhte Instandhaltungskosten
- > Ordentliche Wärmedämmung
- > Heizungsanlage max. 24 Jahre in Betrieb oder erneuert
- > Energetisch noch akzeptabel
- > Handlungsbedarf in Sichtweite

Abb. 18: Handlungsbedarf in Abhängigkeit vom Alter des Gebäudes

Fakt ist allerdings: Durch die neue Gebäudeenergieverordnung kommen selbst Gebäude, die gut gewartet und in Schuss sind, plötzlich in die Bredouille, weil sie alte Gas- oder Ölheizungen haben. In diesen Fällen sollten die Eigentümer zügig analysieren lassen, welche Möglichkeiten ihnen zur Verfügung stehen und welche wirtschaftlichen Konsequenzen drohen. Die Alternativen variieren beispielsweise bei einer Wohnanlage von einer Sanierung ohne Einfluss auf die Mieter über eine wohnungsweise Sanierung mit kurzen Mietunterbrechungen bis hin zu einer erforderlichen Entmietung bei großen zentralen Anlagen.

Auf alle Fälle wird die Vorfertigung von Modulen zur Verkürzung der Dauer von Sanierungsarbeiten eine große Rolle spielen, was wiederum eine digitale und modularisierte Planung erfordert.

Drees & Sommer kann den Bestandshalter über alle Phasen hinweg als professioneller und erfahrener Partner begleiten:

- > Analyse der spezifischen Problemstellung
- > Erarbeiten von entsprechenden generellen Lösungsansätzen mit wirtschaftlichen Auswirkungen
- > Machbarkeitsstudie für die ausgewählte Lösung und Abklärung mit den Behörden
- > Systemplanung und Planung
- > Umsetzung mit General Construction Management
- > Beratung zur Betriebsphase

Hans Sommer
30.05.2023

IMPRESSUM

Drees & Sommer ist international tätig und weltweit für seine Kunden präsent. An 59 Standorten stehen unsere Expert:innen in- und ausländischen Unternehmen unterschiedlicher Branchen bei ihren Projekten zur Seite. Hinzu kommen die Projektstandorte, die sich auf der ganzen Welt befinden – eben überall dort, wo Sie uns gerade brauchen.

www.dreso.com/standorte



BILDNACHWEISE

Titel
© Midjourney

Seiten 2 – 25
© Midjourney
© Jürgen Pollak
© Maximilian Schwarz

Drees & Sommer SE
Obere Waldplätze 13
70569 Stuttgart
Telefon +49 711 1317-0
Telefax +49 711 1317-101
info@dreso.com
www.dreso.com

**DREES &
SOMMER**



Höchste Ökoeffektivität
Cradle to Cradle® zertifizierte
Druckprodukte von Lokay