



LEBENSZYKLUS BAU
Planen | Bauen | Betreiben | Finanzieren

BEDARFSORIENTIERTE GEBÄUDETECHNIK

für zukunftsfähige Gebäude



IMPRESSUM

Herausgeber und für den Inhalt verantwortlich:

IG LEBENSZYKLUS BAU,
Paniglgasse 17a/11, 1040 Wien
office@ig-lebenszyklus.at, www.ig-lebenszyklus.at

AG Neue Leistungsmodelle für die Gebäudetechnikplanung

Projektleiterinnen:

Margot Grim-Schlink, Anita Preisler, e7 energy innovation & engineering

Arbeitsgruppenmitglieder:

Klaus Kogler, Christoph Keck, CES clean energy solutions
Georg Brandauer, Allplan

Schlussredaktion & grafische Gestaltung:

FINK | Kommunikations- und Projektagentur
Hilde Renner – DESIGN

Stand: Oktober 2021

Alle Rechte am Werk liegen bei der IG LEBENSZYKLUS BAU

Haftungshinweis

Das Werk, einschließlich seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Vereins und der Autoren unzulässig.
Dies gilt insbesondere für die elektronische oder sonstige Vervielfältigung,
Übersetzung, Verbreitung und öffentliche Zugänglichmachung.

HANDLUNGSEMPFEHLUNG 02

INNOVATIVE LEISTUNGEN

Inhalt

| | |
|---|----|
| Einleitung | 4 |
| 1. MACHBARKEITSSUDIEN / VARIANTENUNTERSUCHUNGEN | 4 |
| 1.1 AUSSAGE VON MACHBARKEITSSUDIEN | 4 |
| 1.2 GRUNDLAGEN FÜR MACHBARKEITSSUDIEN | 4 |
| 1.3 ECKPUNKTE EINER MACHBARKEITSSUDIE | 5 |
| 2. OPTIMIERTE DIMENSIONIERUNG DER GEBÄUDETECHNIK INNERHALB DER GELTENDEN NORMBERECHNUNG | 6 |
| 3. SIMULATION..... | 7 |
| 3.1 MIKROKLIMASIMULATION | 8 |
| 3.2 SIMPLE-BOX SIMULATION | 8 |
| 3.3 REFERENZZONEN SIMULATION | 8 |
| 3.4 GEBÄUDE- UND ANLAGENSIMULATION..... | 9 |
| 3.5 SPEZIAL-SIMULATIONEN | 9 |
| 4. LEBENSZYKLUSKOSTEN ZUR SYSTEMENTSCHEIDUNG | 10 |
| 4.1 BETRACHTUNGSZEITRAUM | 11 |
| 4.2 NUTZUNGSDAUERN | 11 |
| 4.3 SYSTEMGRENZEN | 11 |
| 4.4 BERECHNUNGSMETHODE | 13 |
| 4.5 BERECHNUNGSPARAMETER..... | 13 |
| 4.6 UNSICHERHEITEN | 14 |
| 5. ÖKOBILANZIERUNG | 14 |
| 6. TÄTIGKEITEN ZUR ERFÜLLUNG VON WEITEREN NACHHALTIGKEITSKRITERIEN | 14 |

Einleitung

Um die Energiewende zu stemmen werden ressourcenoptimierte und bedarfsorientierte Haustechnikkonzepte benötigt, die vorhandene erneuerbare Energieressourcen verwenden und dennoch wirtschaftlich sind. Aufgrund der vorherrschenden Zeit- und Budgetknappheit für Planungsprozesse, kommen oft jene Untersuchungen und Berechnungen zu kurz, die jedoch für die Optimierung der Systeme besonders relevant sind.

Dies führt in der Regel dazu, dass die Gebäudetechnik oft entweder wenig innovativ (wenig Beitrag zur Energiewende), wenn innovativ, dann sehr komplex (problematisch im Betrieb) oder stark überdimensioniert (teuer und anfällig im Betrieb) ist.

Die in dieser Handlungsempfehlung beschriebenen innovativen Leistungen sollen sicherstellen, dass die geplante Gebäudetechnik bedarfsorientiert für das konkrete Gebäude und den geplanten Betrieb ist und ressourcenoptimiert die lokal vorhandenen, regenerativen Ressourcen nutzt.

In der Regel amortisiert sich der Mehraufwand dieser innovativen Leistungen spätestens mit den Investitionskosten, da dadurch die Technik meist sehr viel weniger komplex und kleiner dimensioniert ausfallen kann.

1. MACHBARKEITSSTUDIEN / VARIANTENUNTERSUCHUNGEN

IDEALER ZEITPUNKT:

- Für Varianten, welche **Energieversorgungstechnologien am Standort** (z.B. Variantenvergleich verschiedener Energiequellen und deren Energieoutput im Vergleich mit dem abgeschätzten Verbrauch) für die angedachte Nutzung zur Verfügung stehen: Vor Planungsbeginn
- Für die konkrete **Auswahl von Systemen** (z.B. Variantenvergleich verschiedener Wärmeversorgungssysteme und Abgabesysteme in Kombination unterschiedlicher Gebäudehüllenstandards) auf Basis eines vorliegenden Vorentwurfs: Im Vorentwurf
- Für die konkrete **Komponentenauswahl**: Entwurf bis Detailplanung

1.1 AUSSAGE VON MACHBARKEITSSTUDIEN

Zur Klärung, welche bedarfsorientierte und ressourcenoptimierte Gebäudetechnik am besten für das jeweilige Gebäude passt, sind im Vorfeld grobe Machbarkeitsstudien nötig. Im Zuge einer Machbarkeitsstudie werden unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten technisch, wirtschaftlich, ökologisch, organisatorisch, sozial und rechtlich gegenübergestellt werden.

1.2 GRUNDLAGEN FÜR MACHBARKEITSSTUDIEN

Eine Machbarkeitsstudie kann in unterschiedlichen Projektphasen stattfinden. Je früher im Projekt, desto eher können sich alternative Energiekonzepte herauskristallisieren, die ggf. bei späteren Planungsphasen nicht mehr möglich bzw. wirtschaftlich sind. Für die Durchführung von Machbarkeitsstudien sind folgende Informationen notwendig:

- Geltende Vorschriften für den Standort (z.B. Schutzzonen, Bebauungsvorschriften)
- Pläne (sofern Bestand oder bereits vorhanden)
- Raum- und Funktionsprogramm (bei Bestandsobjekten jenes, das nach der Sanierung geplant ist)
- Kundenanforderungskatalog für Nachhaltigkeitsziele und Komfort
- Standortfaktoren (Erdwärme-, Grundwasser-, Abwärmepotenzial, Solare Einstrahlung, primäre Windrichtung)
- Energieausweis (Bestand)
- Energieverbrauchsdaten (Bestand)
- Berechnungsrahmenbedingungen (z.B. ökonomischer Betrachtungszeitraum)

1.3 ECKPUNKTE EINER MACHBARKEITSSTUDIE

1.3.1 Modellierung des Energiebedarfs und der nötigen Anschlussleistungen

Neubau:

Wird eine Machbarkeitsstudie für einen Neubau noch vor der Planung durchgeführt, so wird auf Basis des Raum- und Funktionsprogramms ein grobes Gebäude modelliert, mit welchem ein Energiebedarf abgeschätzt werden kann.

Bestand/vorhandene Pläne:

Gibt es bereits Pläne oder einen Energieausweis, werden diese unter Berücksichtigung der Planungs- bzw. Sanierungsziele für eine Energiebedarfsabschätzung herangezogen.

Auf Basis des Bedarfs, kann bereits eine grobe Anschlussleistung für Wärme, Kälte und Strom erfolgen.

1.3.2 Lösungssuche für die Energieversorgung

1.3.2.1 Longlist unterschiedlicher Untersuchungsvarianten

Abhängig von den Standortbedingungen, wird eine Longlist von möglichen Lösungen für die Energieversorgung erstellt. Dazu wird untersucht, welche verschiedene Lösungsmöglichkeiten für Wärme-, Kälte- und Stromversorgung theoretisch möglich und ggf. unterschiedlich miteinander kombiniert.

1.3.2.2 Qualitative Untersuchung

Die qualitative Untersuchung dient dazu bereits Lösungen auszuschließen, die aus einen der folgenden Gründe nicht mehr möglich sind.

1.3.2.2.1 Rechtliche Machbarkeit

Die Lösungsmöglichkeiten können ggf. bereits noch ohne quantitative Berechnungen hinsichtlich rechtlicher Machbarkeit (z.B. Schutzzonen) untersucht werden. Ggf. kann hier bereits eine Lösung ausgeschieden werden.

1.3.2.2.2 Organisatorische und soziale Machbarkeit

Lösungen müssen überprüft werden, ob diese organisatorisch umsetzbar (z.B. bei laufendem Betrieb, bei einem schrittweise stattfindenden Baufortschritt) sind und den sozialen Komfortkriterien entsprechen.

1.3.3 Technische Machbarkeit, ökologische Verträglichkeit

Im Rahmen der technischen Machbarkeit wird untersucht, inwieweit die unterschiedlichen Lösungsmöglichkeiten technisch umsetzbar sind (z.B. im Bestand, am Standort) und ob eine ausreichende Energieversorgung möglich ist.

Dies kann z.B. durch die Simple Box oder Referenzzonen Simulation durchgeführt werden (Die *Simulationsmethode ist in Handlungsempfehlung 02 Innovative Leistung, Kapitel 3 Simulation beschrieben*).

Durch die Technische Machbarkeit werden ungefähre Energiekennzahlen bereits ausgeworfen. Dadurch ist es im selben Schritt möglich die ökologische Vertretbarkeit zu berechnen (z.B. CO₂-Emissionen) indem die betreffenden Emissionsfaktoren eingesetzt werden.

1.3.4 Wirtschaftlichkeits- / Lebenszykluskostenberechnung

Die technisch möglichen Lösungen werden mit einer Lebenszyklusberechnung gegenübergestellt, in der die Investitions- als auch die Betriebsaufwendungen (Energie-, Wartungs-, Instandhaltungs-, Instandsetzung-, Erneuerungskosten, ggf. auch Reinigungskosten) berücksichtigt werden.

Die Methode zur Lebenszykluskostenbetrachtung wird in *Handlungsempfehlung 02 Innovative Leistung, Kapitel 4 Lebenszykluskostenanalyse* erläutert.

1.3.5 Gegenüberstellung Lösungsmöglichkeiten / Shortlist von Lösungsmöglichkeiten

Alle Untersuchungen werden nun wie folgt gegenübergestellt:

- Sind die jeweiligen Lösungen technisch machbar?
- Welche Lösung ist am wirtschaftlichsten mit den vorab festgelegten Rahmenbedingungen?
- Sind die Lösungen ökologisch vertretbar?
- Welche organisatorischen Herausforderungen stellen sich bei der jeweiligen Lösung?
- Welche Auswirkungen haben die Lösungen auf den NutzerInnenkomfort?
- Gibt es bei bestimmten Lösungen rechtliche Vorschriften, die Hürden darstellen und mitbedacht werden müssen.

Die Lösungen werden transparent und übersichtlich gegenübergestellt, damit in Folge eine **Eingrenzung der weiter zu untersuchenden Lösungen** möglich ist. Als Ergebnis bleibt eine Shortlist von Möglichkeiten, die im Rahmen des Vorentwurfs untersucht werden sollen.

2. OPTIMIERTE DIMENSIONIERUNG DER GEBÄUDETECHNIK INNERHALB DER GELTENDEN NORMBERECHNUNG

IDEALER ZEITPUNKT:

Parallel zum Planungsprozess, besonders wertvoll und wichtig im Vorentwurf und Entwurf.

BESCHREIBUNG

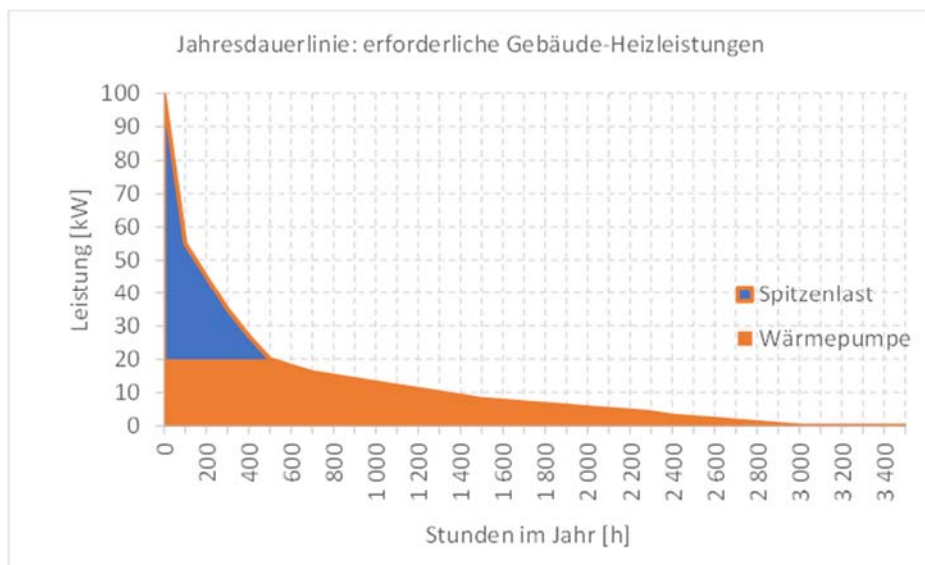
Die Auslegung der Gebäudetechnik mittels der geltenden Normen kann zu einer wesentlichen Überdimensionierung führen, da im Rahmen der Normen sehr viele Sicherheitsaufschläge für einen Betrieb unter widrigsten Umständen vorgeschlagen werden. Dadurch können auch sehr ineffiziente Gebäude bei äußerst schlechten Klimabedingungen und herausfordernden internen Lasten (zu viel/zu wenig) gut konditioniert werden.

Für moderne Gebäude sind diese Sicherheitsaufschläge aber meist nicht passend, weshalb es oft zu Überdimensionierungen kommt.

Um zu einer etwas bedarfsgerechteren Dimensionierung der Gebäudetechnik zu kommen sollten folgende Schritte durchgeführt werden:

- Die in der Norm vorgeschlagenen Standardwerte sind für die Berechnung an das jeweilige Bauvorhaben anzupassen (z.B. interne und solare Gewinne, Wärmebrückenzuschläge, Luftdichtheit).
- Gleichzeitigkeitsfaktoren für das Verteilsystem und die Heizungs-, Kälte-, Lüftungsanlagen, etc. sind zu diskutieren und ggf. an ein realistisches Maß anzupassen.
- Ggf. Abzug von weiteren Wärme- bzw. Kältelieferanten (z.B. Heiz- und Kühlregister, Abwärme, Abkälte)
- Ggf. Überprüfung, inwieweit es auch noch Zusatz-Normen für die Dimensionierung des jeweiligen Gewerks gibt.
 - Z.B. bei der Dimensionierung der Wärmepumpe die ÖNORM H5151-1, die den Einsatz eines Lastausgleichspeichers empfiehlt und Faktoren für eine geringere Dimensionierung ermöglicht.
- Eine Untersuchung des Teillastverhaltens durch die Berechnung der Jahresdauerlinie (sortierte Werte der erforderlichen Leistung) und darauf aufbauend die Definition von Betriebsfällen dient als Basis für eine gute Anlagenaufteilung. So ist es ggf. sinnvoll die Lasten auf mehrere, kleinere Anlagen sowie Spitzenlastsysteme aufzuteilen, damit die Anlagen immer im optimaleren Bereich laufen.

Abbildung 1: Beispiel sortierte Jahresdauerlinie der berechneten Gebäude-Heizleistungen mit Auslegungsempfehlung für Wärmepumpenanlage und (ggf. mehreren) Spitzenlastsystem(en)



Quelle: e7 energy innovation & engineering

Mit dieser Herangehensweise, kann bereits im Rahmen der geltenden Norm bedarfsorientierter und ressourcenoptimierter dimensioniert werden. Das volle Potenzial, kann jedoch nur mit einer dynamischen Gebäude- und Anlagensimulation (siehe Kapitel 3.4) erkannt werden.

3. SIMULATION

Zielsetzung der Simulation

Wichtig bei der Durchführung einer Simulation ist die Vorabdefinition der Zielsetzung. Die meisten durchgeführten Simulationen werden gemacht, um herauszufinden, ob der gewünschte Komfort (Temperatur, Feuchte, Luftqualität) unter bestimmten Rahmenbedingungen gewährleistet ist. Es gibt jedoch auch noch weitere mögliche Zielsetzungen wie z.B. die bedarfsorientierte Dimensionierung der Gebäudetechnik oder die optimale Ausgestaltung von urbanen Räumen zur Reduktion von Hitzeinseln. Für jedes dieser Ziele sind unterschiedliche Methoden bzw. Herangehensweisen nötig.

Ergebnisse von Simulationen

Am Schluss jeder Simulation ist ein Bericht zu erstellen, der abhängig von der gewählten Zielsetzung folgende Informationen beinhaltet (welche ggf. im Beauftragungsvertrag explizit festgehalten werden):

- Tabellarische Darstellung der getroffenen Annahmen und Rahmenbedingungen für die Simulationen
- Beschreibung Mikroklimasituation von untersuchten Bebauungsstrukturen
- Erreichter Innenraumkomfort (Temperatur, Feuchte, Luftqualität) für ausgewählte Zonen mit erwarteten Überschreitungsstunden
- Resultierender spezifischer Heiz- und Kühlenergiebedarf für ausgewählte Zonen
- Erforderliche Leistungen zur Wärme- und Kälteerzeugung mit Beschreibung Wärme- und Kälteverteilssystem (Technologien, Temperaturniveaus, Regelstrategien)
- Erforderliche Luftvolumenströme für Lüftungsgeräte mit Beschreibung des Luftverteilsystems (Technologien, Luftgeschwindigkeiten, Regelstrategien)
- Beschreibung wesentlicher Betriebsfälle (Winterfall, Übergangszeit, Sommerfall) anhand sortierter Jahresdauerlinien für Heizung und Kühlung
- Beschreibung von Technologien zur Energiebereitstellung mit Wärmequellen/-senken

Eine Kurzfassung der Simulationsergebnisse fließt in die Planungsgrundlagen ein.

3.1 MIKROKLIMASIMULATION

IDEALER ZEITPUNKT:

Vorprojektphase, Projektentwicklung, wenn eine erste Massenstudie und konkrete Zielsetzungen (z.B. Begrünungsanteil) bereits vorhanden sind bzw. im Bestand, wenn größere Umbauten geplant sind.

BESCHREIBUNG

Zur Beurteilung unterschiedlicher Bebauungsstrukturen (Einzelgebäude, Gebäudekomplexe und Quartiere) auf das Lokalklima (= Mikroklima) liefert eine Mikroklimasimulation. Insbesondere werden im urbanen Raum aufgrund der steigenden Temperaturen Aussagen über mögliche Hitzeinseln, der Nutzung natürlicher Luftströmung, usw. immer relevanter.

Folgende Analysen können beispielsweise durchgeführt werden:

- Sonnen- & Schattenstunden
- Reflexionsanalysen
- Emission und Transport von Partikeln und Gasen
- Fassadentemperaturen
- Einfluss Begrünungsmaßnahmen (Fassade, Dach, Innenhöfe)

3.2 SIMPLE-BOX SIMULATION

IDEALER ZEITPUNKT:

Vor Planungsbeginn mit dem Raum- und Funktionsprogramm oder während eines Architektur- oder Generalplanerwettbewerbs zur raschen Abschätzung von Anschlussleistungen

BESCHREIBUNG

Die Simple-Box Simulation ist eine rasche Simulation, für die noch keine fertige Planung nötig ist. Dazu wird auf Basis einer sehr groben Planung, ggf. auch nur dem Raum- und Funktionsprogramm ein ungefähres Gebäudemodell in der Simulationssoftware modelliert. Dem groben Modell werden geplante bzw. angestrebte architektonische Themen (z.B. Hauptausrichtung, Verschattungseinrichtungen), bauphysikalische Eigenschaften (z.B. U-Werte, Verglasungsanteil) und Bauweise (Speichermassenanteil) zugewiesen.

Mit dieser raschen und groben Simulation ist es möglich eine erste grobe Aussage zur Dimensionierung von Anlagen zu bekommen. Das unterstützt bei der Auswahl möglicher alternativer Energieversorgungstechnologien z.B. im Rahmen einer Machbarkeitsanalyse.

3.3 REFERENZZONEN SIMULATION

IDEALER ZEITPUNKT:

Im Vorentwurf oder Entwurf zur Analyse des erreichbaren Innenraumkomforts (Temperatur, Feuchte, Raumluftqualität) ausgewählter Zonen.

BESCHREIBUNG

Anhand einer Referenzzonen Simulation können in einer frühen Planungsphase die Energieverteilungsstrategien in den Räumen anhand ausgewählter Zonen überprüft werden.

Mögliche Kriterien für die Auswahl der Zonen:

- Zonen mit hohen externen Lasten (z.B.: Eckbüro), oder internen Lasten (z.B.: Besprechungsräume)
- Auswahl an Referenzzonen anhand der wesentlichen Nutzungen; hier kann neben der Komfortanalysen auch eine Hochrechnung des Heiz- und Kühlenergiebedarf bzw. Lüftungsbedarf für das gesamte Gebäude durchgeführt werden.

3.4 GEBÄUDE- UND ANLAGENSIMULATION

IDEALER ZEITPUNKT

Es wird in jedem Fall empfohlen, im Rahmen des Vorentwurfs, spätestens im Entwurf, eine Gebäudesimulation als Unterstützung für die Dimensionierung der Wärme- und Kälteerzeuger, sowie erforderliche Luftmengen für mechanische Lüftung durchzuführen.

BESCHREIBUNG

Folgende Aspekte sollten, bei einer Beauftragung einer Simulation von AuftragnehmerInnen, ins Leistungsbild mit aufgenommen werden:

- Definition von realitätsnahen Raumnutzungsdaten für Energie- und Gebäudetechnik
- Definition von Referenz-Klimadatensätzen
- Definition von Betriebsfällen, die untersucht werden sollen
- Durchführung folgender Simulationen (Stundenbasis):
 - **Thermisch-dynamische Gebäudesimulation** als Basis: Überprüfung Grenzwerte für Innenraumkomfort, Heiz- und Kühlenergiebedarf, Verglasungsanteil und Verschattungssysteme
 - **Proof of Concept Simulation** (Gebäude- und Systemsimulation) zur Verifizierung der Anlagengröße und Funktionsweise des gebäudetechnischen Systems (Lüftung, Heizung, Kälte, etc.) in Kombination mit dem jeweiligen Verteilsystem
 - **Integration erneuerbarer Energien** (Gebäude- und Systemsimulation) zur Deckung des Heiz- und Kühlenergiebedarf (Wärmepumpen, Photovoltaik, Solarthermie, Biomasse, usw.)
 - **Simulation** (Gebäude- und Systemsimulation) zur Dimensionierung der Wärme- und Kältequelle
 - Ggf. Sensitivitätsanalyse mittels einer Simulation von abweichenden prognostizierten **Klima- und Nutzungsveränderungen** (Szenarienbildung)
- Die Erstellung von sortierten Jahresdauerlinien für erforderliche Heizleistungen und Kühlleistungen und darauf aufbauend die Definition von Betriebsfällen dient als Basis für eine gute Anlagenaufteilung. So ist es ggf. sinnvoll die Lasten auf mehrere, kleinere Anlagen sowie Spitzenlastsysteme aufzuteilen, damit die Anlagen immer im optimaleren Bereich laufen.
- Übergabe aller Annahmen und Rahmenbedingungen, die für die Simulation getroffen wurden, in transparenter Form an die AuftraggeberInnen.

Alle Definitionen sind in enger Abstimmung mit den AuftraggeberInnen und NutzerInnen durchzuführen.

3.5 SPEZIAL-SIMULATIONEN

IDEALER ZEITPUNKT:

Spezial-Simulationen sind meist zur Optimierung des Gebäudekonzeptes relevant (z.B. Querlüftungsmechanismen, Tageslichtversorgung), welche im Vorentwurf festgelegt werden. Dementsprechend, sollten sie spätestens im Vorentwurf durchgeführt werden.

BESCHREIBUNG

Zur Optimierung des Gebäudekonzeptes können diese Simulationen hilfreich sein:

3.5.1 Tageslichtsimulation

Die Tageslichtsimulation ist ideal zur Optimierung der natürlichen Tageslichtversorgung. Mit der Tageslichtsimulation werden vor allem die Tageslichtverteilung, die Leuchtdichte, die Effizienz von Verschattungs- und Lichtlenksystemen und das optimale Zusammenwirken von Kunst- und Tageslicht untersucht.

Der Umfang der Tageslichtsimulation soll einen typischen Raum/typische Nutzungszone des Gebäudes und zusätzlich zumindest zwei in Hinblick auf die Tageslichtversorgung kritische Hauptaufenthaltsbereiche des Gebäudes umfassen.

Als Ergebnisse einer Simulation sind die Tageslichtverteilung (ggf. in fotorealistischer Darstellung), die Berechnung der Tageslichtquotienten und deren Verteilung in der Nutzebene sowie die Tageslichtautonomie zu ermitteln.

In der Simulation sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Raumgeometrie
- Eigenverschattung und eine allfällige Verschattung durch Nachbargebäude
- Fensteranordnung und Lichttransmission
- Reflexionseigenschaften der inneren Raumboflächen
- Lichtlenkende Elemente
- Ggf. Kunstlichtergänzung
- Ggf. Optimierung der Tageslichtversorgung

Wenn die Kriterien für die Anwendung einer Tageslichtsimulation eingehalten werden und der mittlere Tageslichtquotient in der relevanten Nutzebene (= 0,85 m über Fußboden) die folgenden Grenzwerte überschreitet, werden pro Raum folgende Punkte vergeben. Es werden max. 4 Räume (2 typische und 2 für die Tageslichtversorgung kritische Hauptaufenthaltsbereiche) für die Bewertung herangezogen¹.

3.5.2 Strömungssimulation

Die Strömungssimulation kann eine gute Ergänzung zu einer dynamischen Gebäude- und Anlagensimulation darstellen. Dies ist insofern sinnvoll bei folgenden Anwendungsfällen:

- Zur Optimierung des natürlichen Lüftungskonzepts zur Reduzierung der sommerlichen Überhitzung. Hierbei wird z.B. die Anordnung von Wänden, Fassaden- oder Dachöffnungen optimiert, dass z.B. ein ausreichender Außenluftwechsel zu kühleren Nachtstunden erreicht wird.
- Zur Optimierung eines technischen Lüftungskonzeptes durch Anordnung der Zu- und Abluftöffnungen, bzgl. Behaglichkeit und Raumdurchspülung
- Zur Optimierung der Raumströmung großer Hallen, insbesondere bei großen Glasflächen
- Zur Optimierung der Kühlung in Rechenzentren
- Zur Untersuchung der Ausbreitung von Schadstoffen und Rauchgasen
- Zur Untersuchung der Luftumströmung eines Gebäudes

4. LEBENSZYKLUSKOSTEN ZUR SYSTEMENTSCHEIDUNG

IDEALER ZEITPUNKT:

Die Lebenszykluskostenbetrachtung macht am meisten Sinn im Zuge der Systementscheidung. Insbesondere ist diese gemeinsam mit den Machbarkeitsstudien bzw. Variantenanalysen durchzuführen. In Folge wird auch ein Beispiel für eine Systementscheidung für ein Quartier dargestellt. Lebenszykluskostenberechnungen machen jedoch auch in kleinerem Rahmen Sinn wie z.B. Vergleich einer dickeren Wärmedämmung oder einer effektiveren Verschattungseinrichtung vs. eines größer dimensionierten Wärme- bzw. Kältesystems.

BESCHREIBUNG

Bei der Lebenszykluskostenanalyse geht es primär darum unterschiedliche Systeme bzw. Ausführungsvarianten miteinander im Lebenszyklus (zumindest für einen längeren Betrachtungszeitraum von mindestens 20 Jahren) zu vergleichen. Beim Vergleich sollen demnach nicht nur die Investitionskosten miteinander verglichen werden, sondern auch alle relevanten Folgekosten wie Energie-, Wartungs-, Instandsetzung-, Instandhaltung-, Erneuerungskosten und im Idealfall auch Rückbaukosten.

¹ Informationstext aus dem klimaaktiv Kriterienkatalog für Dienstleistungsgebäude.

Bei der ökonomischen Bewertung spielen folgende Parameter eine entscheidende Rolle:

4.1 BETRACHTUNGSZEITRAUM

Tabelle 1: Entscheidungshilfen für den Betrachtungszeitraum

| Art des Betrachtungszeitraums | Jahre | Quelle |
|---|---------|--|
| Betrachtungszeitraum für Gebäude | 30 | ÖNORM B 1801-4, Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 4: Berechnung von Lebenszykluskosten Niedrigstenergiestandard für öffentliche Gebäude, Wirtschaftliche Aspekte nachhaltiger Beschaffung im öffentlichen Bauwesen, Österreichisches Ökologie Institut, 2013 |
| Betrachtungszeitraum für Büro- und Verwaltungsgebäude | 50 | Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB), BNB_BN 2.1.1, Deutschland, 2015 |
| Nutzungsdauer Straßenbau-Hochbauten | 60 | Verkehrsplanung: Nutzen-Kosten-Untersuchungen im Verkehrswesen, Österreich, RVS 02.01.22, 2010 |
| Technische Lebensdauer von Fernwärmenetzen | 40 – 50 | District Heating - Danish experiences, Dänische Energie Agentur, Dänemark, 2015 |

Quelle: e7 energy innovation & engineering

4.2 NUTZUNGSDAUERN

Die Nutzungsdauer von Gewerken und Elementen ist der ÖNORM M 7140, Anhang C zu entnehmen. Weiters kann der Nutzungsdauerkatalog der Sachverständigen in Steiermark und Kärnten oder die VDI 2067 genutzt werden.

Beispielhaft ist die Nutzungsdauer für nachfolgende Elemente festgelegt:

Tabelle 2: Einzelne konkrete Nutzungsdauern von Anlagenteilen

| Anlagenteil | Nutzungsdauer in Jahren |
|--------------------|-------------------------|
| Erdwärmesonden | 80 |
| Grundwasserbrunnen | 50 |

Quelle: e7 energy innovation & engineering

4.3 SYSTEMGRENZEN

4.3.1 Räumliche Systemgrenze

Die räumliche Systemgrenze entspricht dem Untersuchungsgebiet für die Energieversorgung. Das kann mehreren Gebäuden oder einem gesamten Stadtentwicklungsgebiet entsprechen. Wichtig dabei ist, dass bei einem Untersuchungsgebiet, das zwei oder mehrere Gebäude berücksichtigt, auch Lösungen konzipiert werden können, die auf der Ebene eines Einzelgebäudes funktionieren.

4.3.2 Kostenabgrenzung - Relevante Kosten der Energieversorgung

Vor Beginn der Kostenanalyse gilt es festzulegen, welche Kosten in der Analyse berücksichtigt werden. Zum einen werden nur jene Kosten analysiert, die mit der Energieversorgung direkt oder indirekt verknüpft sind, zum anderen auch nur jene Kosten, die bei den verschiedenen Energieversorgungsvarianten zu Unterschieden führen.

4.3.2.1 Direkte Kosten

Die direkten Kosten der Energieversorgung sind jene Komponenten, die direkt für die Energieversorgung benötigt werden, beispielsweise Kesselanlagen in der Wärmebereitstellung und Wärmeverteilungen.

Die Lebenszykluskosten beinhalten die Errichtungskosten nach ÖNORM B 1801-1 (Kostengruppen 1 bis 9 lt. ÖNORM B 1801-1, exkl. Kostengruppe 5 Einrichtung) sowie die anlagenbezogenen Folgekosten nach ÖNORM B 1801-2. Die gebäudebezogenen Folgekosten umfassen Kosten für Energie, für Wartung und Instandsetzung von Elementen der Energieversorgung, für Betriebsführung der technischen Anlagen und für Re-Investition von Komponenten.

Die Darstellung der Kostengrundlage sowie der Nutzungsdauern je Variante erfolgt in folgender Struktur:

Tabelle 3: Gliederung und Beschreibung der Kostengrundlage für die LZK-Berechnung

| Daten | Einheit | Beschreibung |
|-------------------------------|-------------|--|
| Zuordnung nach ÖNORM B 1801-1 | - | Dient zur Hilfestellung in der Strukturierung und für Benchmarking von Wärmeversorgungslösungen |
| Elemente | - | Name des Elements |
| Beschreibung | - | Beschreibung von technischen Daten der Elemente, beispielsweise Effizienzangaben, Randbedingungen für die Einsatzmöglichkeit |
| Dimensionierung | - | Festlegung der Größenordnung der Elemente, beispielsweise in Leistung, Fläche oder Laufmeter |
| Einheit | - | Angabe der Einheit der Dimensionierung, beispielsweise in kW, m ² oder m. |
| Anzahl | - | Bei mehreren gleichen Elementen kann einfach mit der Anzahl multipliziert werden. |
| Spezifische Kosten | EUR/Einheit | Spezifische Kosten der Elemente, dient als Benchmarking der Kostenarten |
| Absolute Kosten | EUR | Angabe der Kosten der Elemente, dient zur Berechnung der Gesamtkosten |
| Jahr der Kostenbasis | - | Jahresangabe ist erforderlich für die Indizierung der Kosten je nach Baustart |
| Wartung + Instandsetzung | EUR/a | Jährliche Kosten für regelmäßig Wartung und Instandsetzung des Elements |
| Quelle der Kosten | - | Angabe der Quellen der Kosten für Elemente sowie für Wartung und Instandsetzung |
| Nutzungsdauer | a | Angabe der Nutzungsdauer als Jahreswert |
| Quelle der Nutzungsdauer | - | Angabe der Quellen, beispielsweise Nutzungsdauerkatalog, Begründung für etwaige Abweichung von Katalogwerten |

Quelle: e7 energy innovation & engineering

In Tabelle 4 ist ein Beispiel für die Dokumentation der Kostengrundlage dargestellt:

Tabelle 4: Vereinfachtes Beispiel für die Kostengrundlage einer LZK-Rechnung

| ÖNORM | Element | Dim. | Einheit | Anzahl | Spez. Kosten | Kosten | Nutzungs-dauer | Quelle |
|-------|------------------------|------|----------------|--------|--------------|--------|----------------|-------------------|
| 3C | Luft/Wasser Wärmepumpe | 100 | kW | 1 | 330 | 23.300 | 15 | Ausschreibung |
| 3C | Wärmespeicher | 30 | m ³ | 2 | 1.000 | 30.000 | 25 | Herstellerangaben |
| 3F | Photovoltaik | 50 | kWp | 1 | 1.000 | 50.000 | 25 | Interne Daten |

Quelle: e7 energy innovation & engineering

4.3.2.2 Indirekte Kosten

Indirekte Kosten sind jene, die von der Wahl des Energieversorgungskonzeptes sowie der Komponenten ausgelöst werden. Diese Kostenart ist sehr vielfältig und schwieriger zu definieren. Dabei ist es gerade hier wichtig, eine saubere und faire Systemgrenze zu ziehen.

Nachfolgend eine Liste möglicher indirekter Kosten:

- sämtliche zusätzlichen Planungs- und Genehmigungskosten
- Im Vergleich zu Nah- oder Fernwärmelösungen müssen bei der Wahl eines Heizkessels sämtliche Errichtungs- und Folgekosten für den Rauchfang berücksichtigt werden.
- Bei der Planung von Wärmepumpenlösungen sind die höheren Anschlussgebühren für den Transformator der elektrischen Energie zu berücksichtigen. Dafür können gegebenenfalls niedrigere Energietarife in die Analyse einfließen, falls der Strom auf einer höheren Netzebene bezogen werden kann.
- Im Vergleich zu Nah- oder Fernwärmelösungen müssen bei lokalen Wärmeversorgungssystemen der Flächen- und Raumbedarf für eine größere Heizungszentrale einbezogen werden. Bei dezentraler Wärmeerzeugung in den Wohnungen (z.B. mit einem Durchlauferhitzer) muss auch hier der Platzbedarf berücksichtigt werden.

- Bei einer gebäudeübergreifenden Versorgungslösung mit einer Heizungszentrale neben den Wohngebäuden sind die Kosten für das Grundstück einzuberechnen.
- Die Wärmeabgabe über eine Fußbodenheizung kann zu einem höheren Fußbodenaufbau führen im Vergleich zu einer Wärmeabgabe über Radiatoren. Anfallende unterschiedlichen Kosten im Fußbodenaufbau und höhere Kosten bei einer größeren Gebäudehöhe sind zu berücksichtigen.

Bei den Energieversorgungskonzepten ist daher immer zu prüfen, welche zusätzlichen Maßnahmen und Kosten erforderlich sind, um einzelne Konzepte realisieren zu können.

4.3.3 Systemgrenze Zahlungen

Die zahlungsbedingten Systemgrenzen beschreiben jene Arte der Kosten und Erträge, die in der LZKA einbezogen werden.

Grundsätzlich gilt für die Kostenanalyse jene Definition der Lebenszykluskosten entsprechend ÖNORM B 1801-2. Hier sind alle Kostenkategorien für Erstinvestition und Folgekosten Bestandteil der Lebenszykluskosten mit Ausnahme der Grundstücks- und Finanzierungskosten. Die ÖNORM B 1801-4 lässt jedoch in eigenen definierten Parametern auch LZKA mit der Berücksichtigung von Kostenanteilen von Grundstücken und Finanzierung zu.

Kosten, die sinnvollerweise noch zusätzlich betrachtet werden:

- Externe Kosten umfassen die dem Energieeinsatz verbunden Kosten der Umweltbelastung, die von der Allgemeinheit getragen werden. Beispielsweise kann durch einen Tarif für die Kosten je entstehender Tonne CO₂ eine energieträgerspezifische Erhöhung des Grundpreises berücksichtigt werden.
- Neben den Kosten der Energieversorgung können auch Erlöse in der Analyse miteinbezogen werden.
- Zusätzlich kann neben der Auflistung der Kosten über den Lebenszyklus auch der zu erwartende Ertrag aus dem Tarif berücksichtigt werden. Hier wird der Cash-Flow der Ausgaben den Einnahmen gegenübergestellt. Bei diesem Ansatz soll insbesondere die Erlös- und Gewinnerwartung des Energieversorgers bei entsprechendem Zinssatz überprüfen werden.

4.4 BERECHNUNGSMETHODE

Barwertmethode, beispielsweise nach ÖNORM M 7140 oder ÖNORM B 1801-4.

4.5 BERECHNUNGSPARAMETER

In Tabelle 5 ist ein konkreter Vorschlag für die Berechnungsparameter eine LZK-Berechnung dargestellt.

Tabelle 5: Konkreter Vorschlag für Berechnungsparameter

| Parameter | Basiswert | Sensitivitätsanalyse |
|-----------------------------|-----------|----------------------|
| Betrachtungszeitraum | 40 Jahre | 20 Jahre |
| Kalkulationszinssatz real | 2,0 % | 3,0 % |
| Energiepreissteigerung real | | |
| Fossile Energieträger | 1,0 %/a | 3,0 %/a |
| Erneuerbare Energieträger | 0,0 %/a | 2,0 %/a |
| Strom | 0,0 %/a | 2,0 %/a |
| Baupreisindex real | 0,5 %/a | --- |
| Restwertbetrachtung | Ja | Nein |

Quelle: e7 energy innovation & engineering

4.5.1 Energiekosten

Die Energiekosten sind als Endenergiekennwerte je Wärmebereitstellungseinheit darzustellen. Zusätzlich ist sämtliche Hilfsenergie, beispielsweise für die Wärmebereitstellungseinheiten und für die Pumpen im Wärmenetz, darzustellen.

Als Energietarif können einerseits Werte von der ausschreibenden Stelle vorgegeben werden (z.B. unternehmensinterne Tarife für Strom oder Gas), oder Werte eines Anbieters eingegeben werden. Die Entscheidung der Vorgangsweise sowie die Festlegung sind zu kommunizieren.

4.5.2 Kosten für Betriebsführung und Verwaltung

Neben den Kosten für die Komponenten der Wärmeversorgung sind auch alle übergeordneten Kosten zu berücksichtigen, die erforderlich sind, um die Energieversorgungslösung als Ganzes betreiben zu können. Das sind Kosten der Betriebsführung sowie Versicherungen etc. Diese Kosten sind in Einzelpositionen transparent darzustellen.

4.6 UNSICHERHEITEN

Unsicherheiten über gewisse Berechnungsparameter müssen mit einer Sensitivitätsanalyse überprüft werden. Im Zuge einer Sensitivitätsanalyse wird die Berechnung nochmals durchgeführt, nur werden einzelne Parameter verändert. Dabei kann festgestellt werden, wie sich einzelne Parameter auf die Wirtschaftlichkeit auswirkt.

5. ÖKOBILANZIERUNG

Eine detaillierte Beschreibung der Vorgehensweise wird im nächsten Schritt implementiert.

6. TÄTIGKEITEN ZUR ERFÜLLUNG VON WEITEREN NACHHALTIGKEITSKRITERIEN

Nachhaltigkeit ist eine Querschnittsmaterie, die jeglichen Bereich beim Planen und Bauen beeinflusst. Neben den Energiekriterien, die in dieser Handlungsanleitung näher betrachtet werden, gibt es zahlreiche weitere Kriterien, für die ggf. für das Bauvorhaben zusätzlich relevant sind und zusätzliche Planungstätigkeiten zu erbringen sind. Zum Beispiel können folgende Tätigkeiten zusätzlich auftreten:

- Nachweiserbringung für Nachhaltigkeitszertifikate
- Nachweiserbringung für (regionale) Vorschriften (z.B.: Wien Ökokaufrichtlinie)
- Mitwirkung beim Bauchemikalienmanagement
- Berücksichtigung nachhaltiger Baustoffauswahl (z.B. Kältemittel, halogenfreie Verkabelung)
- Berücksichtigung der Kreislauffähigkeit von Baustoffen und Systemen (u.a. Haustechniksysteme)
- Planung eines nachhaltigen Wassermanagements (Aufbereitung bzw. Speicherung von Trink-, Grau-, Schmutz-, Regenwasser)
- Planung von Begrünungsmaßnahmen inkl. der dafür technischen Infrastruktur

Die IG LEBENSZYKLUS Bau umfasst mehr als 70 Unternehmen und Institutionen der Bau- und Immobilienwirtschaft Österreichs.

Der 2012 als IG LEBENSZYKLUS Hochbau gegründete Verein unterstützt Bauherren bei der Planung, Errichtung, Bewirtschaftung und Finanzierung von ganzheitlich optimierten, auf den Lebenszyklus ausgerichteten, Bauwerken. Interdisziplinäre, bereichsübergreifende Arbeitsgruppen bieten eine gemeinsame Plattform für Projektbeteiligte aus

allen Bereichen des Gebäudelebenszyklus. Sämtliche Publikationen des Vereins – Leitfäden, Modelle und Leistungsbilder – können kostenlos angefordert werden.

Kontakt:
IG LEBENSZYKLUS BAU, Wien
office@ig-lebenszyklus.at
www.ig-lebenszyklus.at

Folgende Unternehmen haben bei der Erstellung des Leitfadens mitgewirkt:



www.allplan.at



www.ic-ces.at



www.e-sieben.at